

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2010

David Ondryáš

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Katedra elektroniky

**Elektronický světelný systém
elektromobilu**

Electronic Light System for Electric Car

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. David Ondryáš**
Studijní program: N2649 Elektrotechnika
Studijní obor: 2612T015 Elektronika
Téma: **Elektronický světelný systém elektromobilu**
Electronic Light System for Electric Car

Zásady pro vypracování:

1. Sestavte teoretický model elektronického světelného systému elektromobilu a rozeberte vlastnosti vhodných komponentů.
2. Proveďte realizaci řídicí jednotky elektronického světelného systému elektromobilu.
3. Sestavte praktický model osvětlovací soustavy s využitím realizované řídicí jednotky.
4. Ověřte funkčnost realizované soustavy.

Seznam doporučené odborné literatury:

Dle pokynů vedoucího diplomové práce.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Petr Šimoník, Ph.D.**

Datum zadání: 20.11.2009

Datum odevzdání: 07.05.2010



doc. Ing. Petr Palacký, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Ivo Vondrák, CSc.
děkan fakulty

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně. Uvedl jsem všechny literární prameny a publikace, ze kterých jsem čerpal.

V Ostravě 7. 5. 2010

Na tomto místě bych rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce Ing. Petru Šimoníkovi Ph.D. za poskytnutou pomoc, podporu a podnětné připomínky. Dále bych chtěl poděkovat své rodině a přátelům za podporu po celou dobu mého studia, obzvláště pak během psaní této práce.

Abstrakt

Tato práce se zabývá návrhem a realizací řídicí jednotky elektronického osvětlovacího systému elektromobilu. Řídicí jednotka i celý světelný systém musí být navržen tak, aby co nejméně energeticky vyčerpával napájecí zdroj elektromobilu, jenž nemá možnost dobíjení baterie jako je tomu u spalovacího motoru. Úvodní část práce popisuje historii osvětlování automobilů od prvních luceren se svíčkami po moderní osvětlení pomocí světlo emitujících diod a třetí kapitola objasňuje fyzikální princip těchto druhů diod a jejich výhody i nevýhody. Návrhem a realizací jednotky se zabývá čtvrtá kapitola, konkrétně její první tři podkapitoly, kde je popsána řídicí část jednotky, jejíž hlavní součástí je mikrokontrolér PIC 18F2480 a část výkonová, tvořená hlavně výkonovými unipolárními tranzistory typu MOSFET s naznačenou možností využití světla na bázi svítivých diod. Čtvrtá podkapitola pojednává o řídicím softwaru.

Klíčová slova

LED, mikrokontrolér, MOSFET, osvětlovací systém, řídicí jednotka, řídicí software

Abstract

This diploma thesis deals with design and implementation of control unit of electronic light system of electric car. The control unit and whole light system have to be design to minimal energy depletion of electric car's power source, that cannot be recharged like combustion engine car battery. An introductory chapter describes history of car lighting from the first lanterns with candle to modern lighting by light-emitting diodes and third chapter clarifies physical principle of this type of diodes, their advantages and disadvantages. The control unit design and implementation is described in fourth chapter, specifically its first three subchapters, where control section with its main part microcontroller PIC 18F2480 and power section that is composed mainly of unipolar transistors of MOSFET type are described. The fourth subchapter deals with control software.

Keywords

LED, microcontroller, MOSFET, light system, control unit, control software

Obsah

1	Úvod	8
2	Historie osvětlování automobilů	9
3	Světlo emitující diody, jejich výhody a nevýhody	11
3.1	Fyzikální princip LED.....	11
3.2	Výhody a nevýhody LED	12
4	Návrh a realizace řídicí jednotky elektronického systému osvětlení	15
4.1	Požadavky na řídicí jednotku.....	15
4.2	Konstrukce řídicí části jednotky.....	16
4.2.1	Mikrokontrolér PIC 18F2480.....	16
4.2.2	Obvody napájení a jištění.....	18
4.2.3	Fotočidlo a jeho nastavování.....	18
4.2.4	Programování mikrokontroléru v zapojení (ICSP).....	19
4.3	Konstrukce výkonové části jednotky.....	20
4.3.1	Princip unipolárního tranzistoru MOSFET.....	21
4.3.2	Blok přepínání denních a potkávacích světel.....	23
4.3.3	Přepínání dálkových světel.....	24
4.3.4	Směrová světla	25
4.3.5	Zadní/brzdová světla.....	26
4.3.6	Napájení a jištění výkonové části jednotky.....	27
4.3.7	Volba jednotlivých druhů svítidel.....	28
4.3.8	Hardwarově-sofwarová detekce a signalizace vadných světel	30
4.4	Řídicí software	33
5	Výsledky	35
6	Závěr	38
7	Použitá literatura	39
8	Přílohy	40
	Příloha č. 1: Tabulka pinů konektoru propojující řídicí a výkonovou část	40
	Příloha č. 2: Zapojení svorkovnice řídicí části	41
	Příloha č. 3: Zapojení svorkovnice výkonové části.....	42
	Příloha č. 4: Schémata řídicí a výkonové části	44
	Příloha č. 5: Deska plošných spojů řídicí části	46
	Příloha č. 6: Deska plošných spojů výkonové části.....	47
	Příloha č. 7: Osazení desek plošných spojů řídicí a výkonové části.....	48
	Příloha č. 8: Zápis řídicího programu.....	49

1 Úvod

Cílem této diplomové práce je návrh elektronického světelného systému elektromobilu, který však může být po určitých úpravách aplikován i do jakéhokoliv jiného vozidla např. do vozidla se spalovacím motorem. Jelikož celý provoz elektromobilu je závislý na jeho baterii, jež tvoří zdroj energie pro všechny jeho systémy a tedy i systém osvětlení, je mou snahou v této práci navrhnout takový osvětlovací systém, jež by tuto baterii svou řídicí částí i částí výkonovou co nejméně energeticky zatěžoval. Proto jsem jako světelný zdroj zvolil dnes velmi moderní a perspektivní způsob osvětlování pomocí tzv. světlo emitujících diod, neboli LED (z anglického Light-Emitting Diode). LED mají oproti běžným druhům svítidel nemálo výhod, jako jsou delší životnost, nižší energetická náročnost, nižší povrchová teplota takovýchto svítidel, snazší regulace jasu, nevyzařují UV záření, jež může vést k vyblednutí barev osvětlovaného předmětu a mnoho dalších.

Aby mělo toto zařízení opravdu co nejmenší příkon, jsou světla, tvořená LED, spínána unipolárními tranzistory MOSFET, jež ke svému spínání vyžadují jen nepatrný výkon a dále i řídicí jednotka je tvořena mikrokontrolérem s technologií nanowatt, která umožňuje provozovat je v oblasti velmi nízkého příkonu.

2 Historie osvětlování automobilů

První automobily převzaly jako dědictví původní svítilny z kočárů tažených koňmi. Šlo tehdy o nejjednodušší formu luceren, v jejichž útrobách stály svíce ze stearinu nebo vosku. Svíce hořely a tály, plamen během otřesů kmital a svíce se vychylovaly z ohniska. K tomu, aby se zdroj světla udržel na potřebné úrovni, se pod svíce podkládaly pružiny. Když svíce roztávala, byl postupně stále lehčí a pružina ji proto zvedala do potřebné výšky. Právě z tohoto důvodu měly všechny podobné svítilny na dně dlouhou trubku, v níž poskakovala svíce. Za jízdy se pak pružina pohybovala a světlo působilo mihotavým dojmem.

Pro náročnější koňská spřežení a také pro první automobily se později začaly používat petrolejové lampy s knotem. Vyzařovaly stejnoměrné a relativně ostré světlo, avšak hodně kouřily a vyžadovaly pečlivou údržbu.

S růstem výkonnosti a rychlosti automobilových motorů se tyto svítilny kočárového typu ukázaly jako naprosto neperspektivní, proto se již v prvním desetiletí dvacátého století začala používat nová technika - acetylenové lampy. Ty vyráběly ostré bílé světlo jako světlomety a byly schopny ozářit i vzdálenější místa. Acetylen se vyráběl v generátoru, který býval umístěn na prahu automobilu. Ve spodní části tohoto přístroje se nacházela zrníčka karbidu vápenatého a nad nimi byla voda. Když nastal čas rozsvítit, řidič otevřel kohoutek, voda začala kapat na karbid a po příslušné chemické reakci vznikl acetylen. Pryžovou hadičkou se pak karbid nasával do hořáků svítilen. Řidič musel otevřít ochranné sklo svítilny a pomocí sirky hořák zapálit.

Elektrické žárovky se začaly široce používat od chvíle, kdy byly automobily vybaveny integrovaným elektrickým obvodem zapalování - start - osvětlení a objevila se možnost průběžného nabíjení akumulátoru od dynama a posléze alternátoru. Vítězný pochod tohoto typu elektrického obvodu byl zahájen ve dvacátých letech a lze říci, že dodnes nebylo vymyšleno nic lepšího. Nicméně pro hlavní světlomety nebyla tato elektrická soustava v detailech ideální, a proto se průběžně zdokonalovala: dvouvláknové žárovky pro dálkové a potkávací světlomety vznikly v třicátých letech, mlhovky se žlutým světlem a žárovky-světlomety v dalším desetiletí.

V šedesátých letech minulého století se na scéně objevily halogenové svítilny. V nich byly sice stejně jako předtím žárovky, ale nebyly naplněny inertním plynem, nýbrž směsí, jejíž součástí byly páry jódu a bromu (prvky patřící mezi tzv. halogeny). Díky tomu bylo možné vlákno zahřát na mnohem vyšší teplotu. Kov, který se žářem vylučoval, se usazoval zpět a přehřívání vlákna se na životnosti žárovek projevovalo v menší míře. Halogenové žárovky měly nejen vyšší výkon, ale jejich světelný paprsek byl stabilnější. Za soumraku se mohou automobily s halogenovými žárovkami bezpečně pohybovat v průměru o 20% rychleji oproti automobilům s obyčejnými žárovkami. Dnes se halogenové svítilny používají snad ve všech vozech, většinou jde o jednovláknové žárovky typu H7. Společnost Hella posléze vyvinula výbojkové neboli xenonové svítilny. Baňky jejich žárovek typu

D25 jsou naplněny xenonem. Když elektrický výboj prochází xenonovým prostředím, vzniká světlo. Světelný zdroj tohoto typu produkuje světelný paprsek s dvojnásobnou intenzitou oproti halogenovému a jeho světelné spektrum je srovnatelné s denním světlem. A nejen to - tyto výbojky se vyznačují pětinasobně delší životností a spotřebují o třetinu méně energie. Pokud jde o designéry, ti byli nadšeni kompaktním charakterem těchto světlometů, které lze velmi snadno zakomponovat do přídě či zádě libovolného tvaru. Dlouhou dobu se nedařilo propojit v jediném reflektoru dálkové a potkávací osvětlení. Plynový výboj totiž nelze spustit v okamžiku, ale co je horší - najednou ani neuhasíná. Právě z tohoto důvodu nebylo možné v mžiku přepínat dálková a potkávací světla tak, jak to vyžadují pravidla. V důsledku toho se až do poslední doby xenonové žárovky montovaly pouze do potkávacích světlometů. Nicméně nedávno společnosti Hella a Valeo vyvinuly dvou režimové plynové výbojky.

V některých současných konceptech se místo svítlen montují moderní LED, což jsou miniaturní elektronické světelné zdroje. Tyto "mikrosvítlny" lze v libovolném počtu nainstalovat prakticky všude, aniž by se přitom jakkoli porušila plynulá linie karoserie. Kromě toho jsou velmi úsporné a vydrží dlouho. Díky jejich rychlé reakci se diody již dávno staly oblíbeným zdrojem světla pro signalizaci brzdění. Při tomto úkonu jsou totiž doslova důležité zlomky vteřiny. Rozdíl v rychlosti reakce třeba ve srovnání s obyčejnou žárovkou je vidět dokonce i pouhým okem. Druhou možností je centrální světelný zdroj, od něhož by se pomocí světlovodů předávala světelná energie do jednotlivých bodů a příslušné čočky by pak formovaly světelný proud pro konkrétní účely. Hledání koncepčně nových světelných zdrojů pro automobily tedy neustále pokračuje. [8]

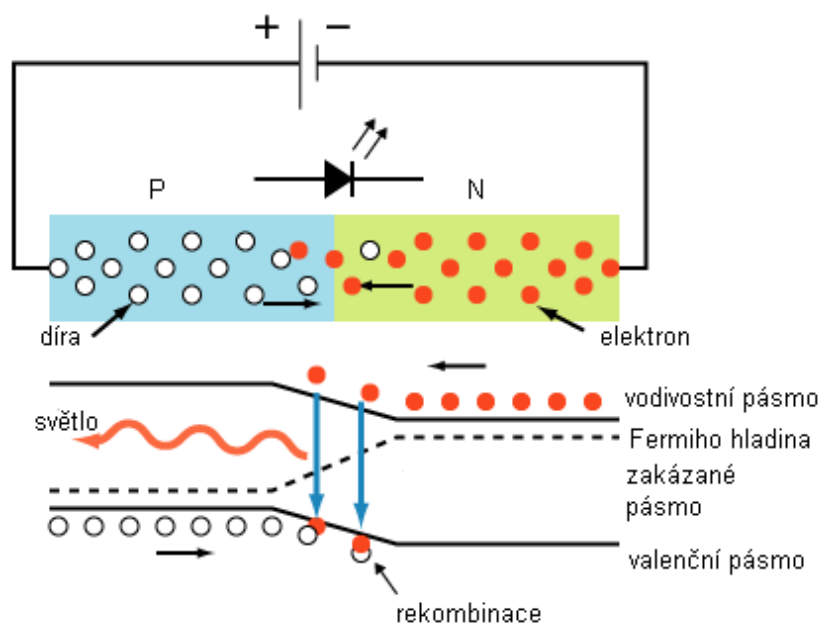
3 Světlo emitující diody, jejich výhody a nevýhody

Světlo emitující dioda (LED) je polovodičový zdroj světla. LED se používají jako indikační světla v mnoha zařízeních a stále více také jako osvětlovací tělesa. První LED, jenž byly jako praktický elektronický prvek představeny v roce 1962 Nickem Holonyakem, Jr. (nar. r. 1928) pracujícím u společnosti General Electric [1], byly schopny emitovat pouze červené světlo o nízké intenzitě. Avšak dnešní moderní verze jsou schopny emitovat světlo v oblasti viditelných, ultrafialových a infračervených vlnových délek s vysokou úrovní jasu.

3.1 Fyzikální princip LED

Stejně jako usměrňovací dioda obsahuje i LED čip z polovodičového materiálu dotovaného příměsami k vytvoření P-N přechodu. Proud teče, jako u ostatních diod, volně z oblasti P neboli anody do oblasti N neboli katody, ale nikoli opačným směrem. Nosiče náboje – elektrony a díry – se přemisťují od elektrod s rozdílným napětím směrem k P-N přechodu. Setká-li se elektron s dírou, poklesne na nižší energetickou úroveň a odevzdá svou energii ve formě fotonu.

Vlnová délka emitovaného světla, potažmo jeho barva, závisí na energii, jakou má zakázané pásmo materiálů, jenž tvoří P-N přechod. V křemíkových nebo germaniových diodách rekombinují elektrony a díry v nic nevyzařující přeměně, tudíž neprodukují žádné optické záření, protože se jedná o materiály s nepřímým zakázaným pásmem. Materiály použité v LED mají přímé zakázané pásmo s energiemi odpovídajícími infračervené, viditelné nebo ultrafialové oblasti. [2]

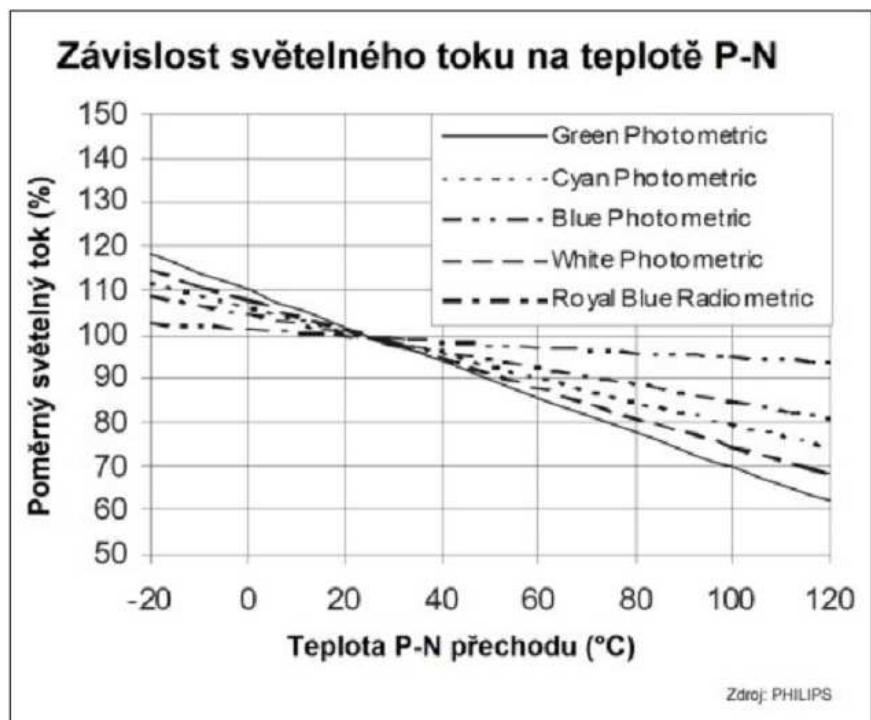


Obr. 3.1: Popis vnitřní funkce LED [9]

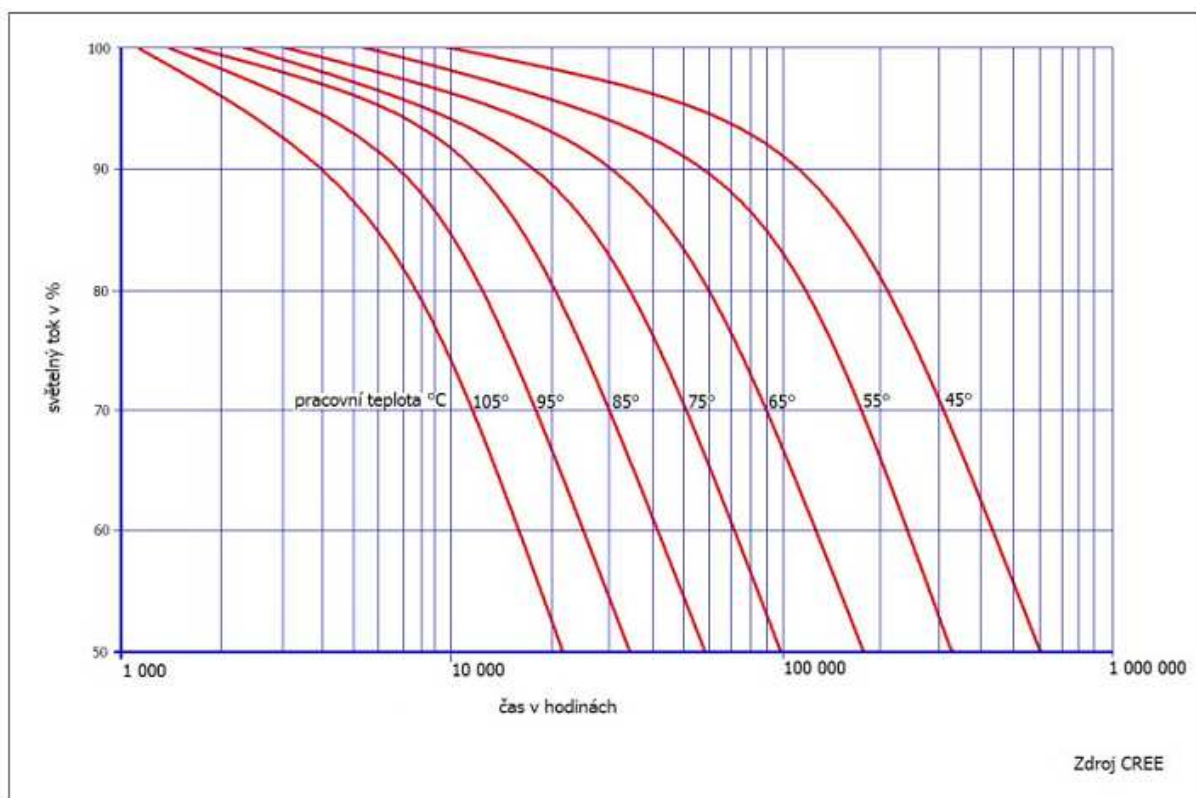
3.2 Výhody a nevýhody LED

Aplikace LED přináší oproti žárovkám, zářivkám a výbojkám nejednu výhodu

- **Efektivita:** Produkují více světla na watt energie než žárovky (nejmodernější přes 100 lm/W), to je užitečné v zařízeních napájených bateriemi, nebo v úsporných zařízeních (zjednodušeně řečeno, mají vyšší účinnost). [3]
- **Barva:** Mohou vyzářit světlo v požadované barvě bez použití složitých barevných filtrů.
- **Velikost:** LED mohou být velmi malé (menší než 2 mm) a mohou jimi být snadno osazovány desky plošných spojů. [4]
- **Reakční doba:** LED se dokáže velice rychle rozsvítit. Typická červená indikační LED dosáhne plného jasu během několika mikrosekund. [5]
- **Regulace jasu:** Jas LED může být velmi snadno regulován buď pomocí pulsně-šířkové modulace nebo snižováním procházejícího proudu.
- **Nízká povrchová teplota:** Maximální konstrukční teplota zdroje LED je 120°C (běžná provozní obvykle cca 60°C), žárovka až několik set °C, zářivka cca 60-80 °C. Bezpečnější aplikace v hořlavých materiálech a stejně tak předměty osvětlené na malou vzdálenost mohou být hořlavé.
- **Dlouhá životnost:** Odhadovaná dobu životnosti LED se nejčastěji udává mezi 100000 a 1000000 hodin (neplatí pro výkonné LED, tam mohou být značně menší hodnoty). U zářivek je obvyklý údaj 8000 - 12000 hodin a u typických žárovek 1000 – 2000 hodin.
- **Odolnost vůči nárazům:** LED jsou velice pevné součástky a je obtížné je zničit vnějším nárazem, na rozdíl od křehkých žárovek a zářivek.
- **Jsou netoxické:** Na rozdíl od zářivek neobsahují rtuť.



Obr. 3.2: Závislost světelného toku na teplotě P-N [10]



Obr. 3.3: Závislost teploty a životnosti LED [10]

LED mají ovšem i několik nevýhod, např.:

- vyšší pořizovací náklady (počítáno v ceně za lumen), než tradiční světelné zdroje,.
- jejich výkonnost závisí na teplotě okolního prostředí. Používání LED na hranici proudových specifikací může vést k přehřátí pouzdra LED diody a k následnému selhání zařízení,
- světlo z bílých LED diod může zkreslovat barvy,
- nemohou být použity v aplikacích, kde potřebujeme ostře směrový paprsek světla. LED nejsou schopny směrovosti pod několik stupňů. Pokud potřebujeme aplikace s větší směrovostí, je lepší použít laser (nebo LED laser),
- roste znepokojení z toho, že modré a bílé LED jsou teď schopny poškodit zrak – oko je výrazně citlivější na modré a „bílé“ světlo a přílišná intenzita, která je použita u LED diod může oko především v noci poškodit. Dnešní diody jsou schopny překračovat bezpečnostní limity specifikované v *ANSI/IESNA RP-27.1-05: Recommended Practice for Photobiological Safety for Lamp and Lamp Systems*. [6][7]

4 Návrh a realizace řídicí jednotky elektronického systému osvětlení

Tato kapitola se zabývá návrhem řídicí jednotky a její realizací. Podkapitola 4.2 se zabývá konstrukcí řídicí části a podkapitola 4.3 konstrukcí výkonové části.

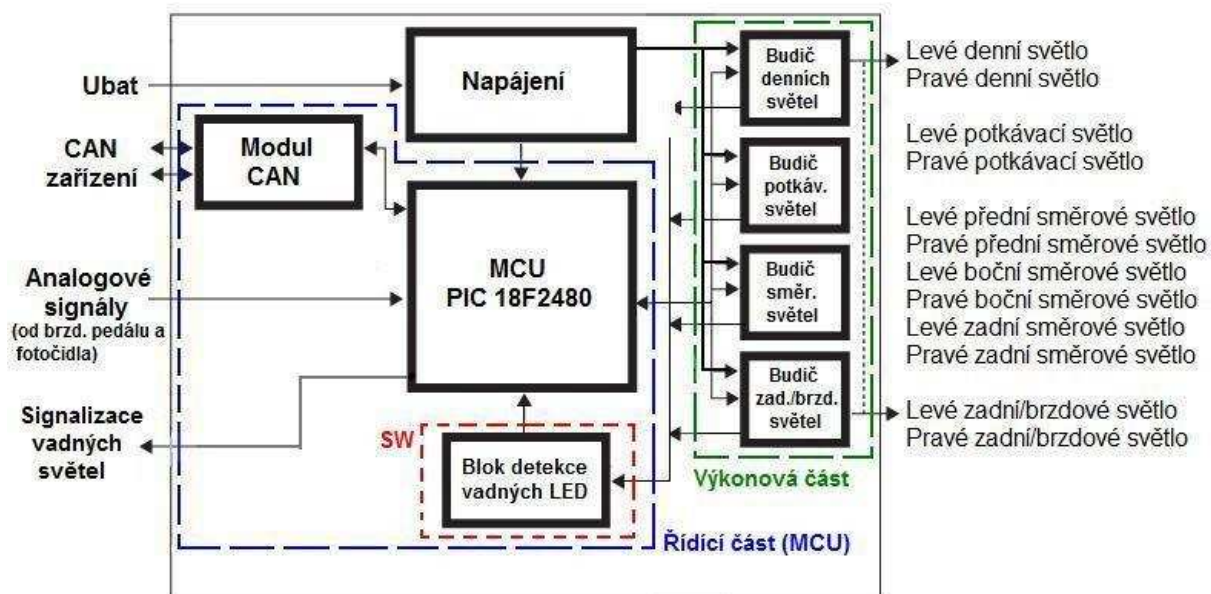
4.1 Požadavky na řídicí jednotku

Řídicí jednotka má dvě oddělitelné části – část řídicí a část výkonovou. Řídicí část musí být schopna plnit následující úkoly:

- reagovat na sešlápnutí brzdového pedálu a vyslat řídicí signály do výkonové části, aby tato změnila režim zadních světel na brzdová,
- dle intenzity venkovního osvětlení musí být schopna přepínat denní světla na potkávací a opačně, tedy potkávací světla na denní,
- detekovat a signalizovat vadná světla.

Úkoly výkonové části jsou tyto:

- přijímat signály z řídicí části a na základě nich spínat příslušná světla,
- přepínat potkávací světla na dálková a obráceně, dálková světla na potkávací.



Obr. 4.1: Blokové schéma řídicí jednotky

4.2 Konstrukce řídicí části jednotky

Řídicí část se skládá z těchto součástí:

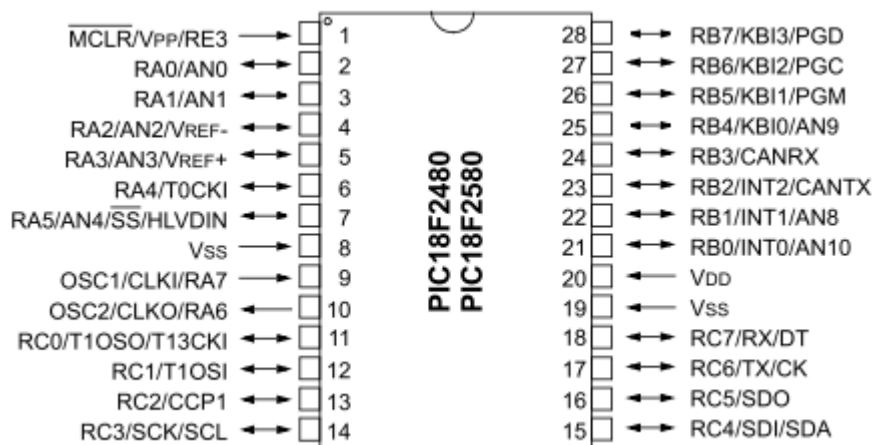
- řídicího mikrokontroléru PIC 18F2480,
- obvodů napájení a jištění,
- svorkovnice pro připojení napájení, fotočidla, brzdového pedálu a sběrnice CAN (tuto funkci sice ve svém zařízení nepoužívám, ale menším zásahem do programu mikrokontroléru ji lze aktivovat),
- odporového trimru pro nastavování citlivosti fotočidla na okolní osvětlení,
- konektoru pro připojení výkonové části,
- konektoru ICSP (pro sériové programování přímo v zapojení).

4.2.1 Mikrokontrolér PIC 18F2480

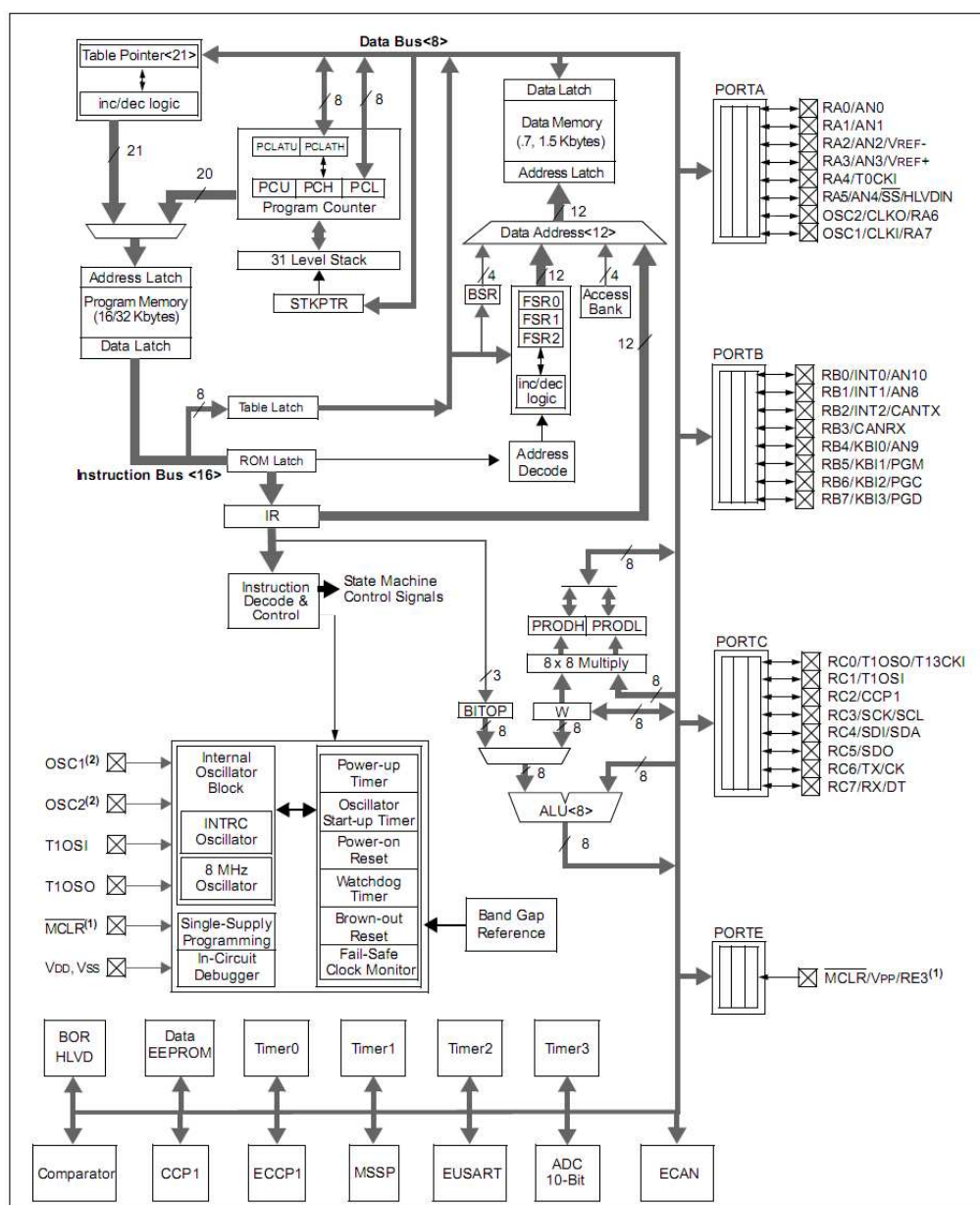
Tento mikrokontrolér (MCU – Microcontroller Unit) se vyrábí ve třech variantách – 28, 40 a 44pinovém provedení. Jeho velkou výhodou je technologie nanoWatt, tedy nanowattový příkon, který je v této aplikaci, jenž má být energeticky co nejúspornější, zvláště přínosný. Další funkcí výhodnou funkcí je možnost připojení na sběrnici CAN programovatelnou rychlostí až do 1 Mbit.s⁻¹. Dalšími neméně zajímavými charakteristikami jsou například:

- jednocyklová hardwarová násobička 8 x 8,
- 100000 cyklů zápisu/mazání programové paměti typu Flash,
- 1000000 cyklů zápisu/mazání datové paměti EEPROM,
- možnost sériového programování mikrokontroléru přímo v zapojení, tzv. ICSP (In-Circuit Serial Programming),
- široký rozsah operačních napětí od 2,0 V do 5,5 V,
- 10bitový, 11kanálový A/D převodník s rychlostí až 100 kS.s⁻¹,
- 3 vstupy externích přerušení,
- čtyři čítače/časovače a mnoho dalších funkcí.

Pro svou aplikaci jsem si vybral 28pinovou variantu mikrokontroléru, jehož rozložení pinů je vidět na obrázku níže.



Obr. 4.2: Diagram rozložení pinů mikrokontroléru PIC 18F2480



Obr. 4.3: Blokové schéma mikrokontroléru PIC 18F2480 [12]

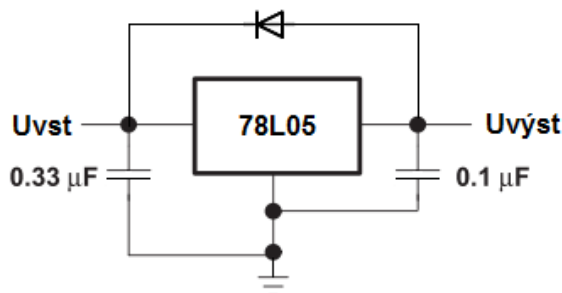
V řídicím softwaru, který byl implementován do mikrokontroléru a o jímž se podrobněji zabývá kapitola 4.4, využívám určitou část bloků (obr. 4.3) MCU, převážně to jsou:

- interní 8 MHz oscilátor,
- vstupně/výstupní brány (porty) – port A, B a C pro komunikaci mezi řídicí a výkonovou částí (přičemž pin RB0 portu B je nastaven jako vstup vnějšího přerušení),
- port E (pin MCLR) pro sériové programování v zapojení,
- blok ECAN (pro komunikaci po sběrnici CAN s programovatelnou přenosovou rychlostí), který však v mé aplikaci není použit, ale je možné jej menším zásahem do řídicího programu aktivovat

4.2.2 Obvody napájení a jištění

K řídicí části je přes svorkovnici ARK 500/2 přivedeno napětí 12 voltů odvozené od autobaterie, které musí být sníženo na 5 voltů, což je napájecí napětí řídicího mikrokontroléru. Toto snížení je provedeno zapojením stabilizátoru napětí typu 78L05 s pomocnými kondenzátory, jejichž parametry jsou uvedeny v katalogovém listu stabilizátoru a na obr. 4.4.

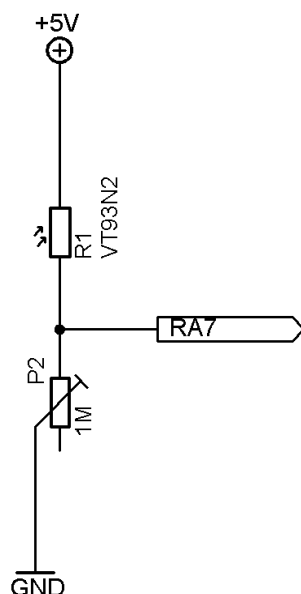
Celá řídicí část je jištěna 100 mA pojistkou typu F100L250V umístěnou v pojistkovém držáku KS-PTF78 do desky plošných spojů. Hodnota pojistky byla zvolena s ohledem na maximální dovolený proud, jenž je schopen mikrokontrolér snést.



Obr. 4.4: Typické zapojení stabilizátoru napětí 78L05

4.2.3 Fotočidlo a jeho nastavování

Fotočidlo, jenž má reagovat na úroveň okolního osvětlení je tvořeno fotorezistorem VT93N2, jehož citlivost lze nastavovat odporovým trimrem o hodnotě 1 MΩ. Práh citlivosti fotorezistoru musí být tedy experimentálně nastaven otáčením trimru podle toho, při jaké úrovni osvětlení chceme, aby čidlo reagovalo.



Obr. 4.5: Zapojení fotorezistoru a nastavovacího trimru

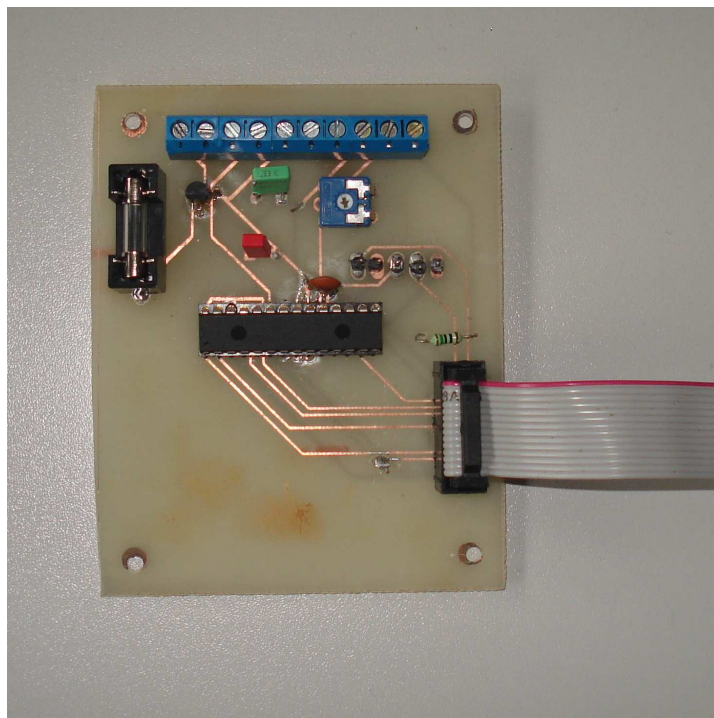
4.2.4 Programování mikrokontroléru v zapojení (ICSP)

Mikrokontroléry řady PIC 18F mají, stejně jako některé další obvody, možnost programování, i když jsou již zapojeny do obvodu. Tato funkce je nazývána ICSP (In-Circuit Seriál Programming) neboli sériové programování součástky již zapojené v obvodu. Pro programování lze použít dva různé algoritmy: HVP – High Voltage Programming (s +13V na V_{pp}) nebo LVP – Low Voltage Programming (s použitím pinu LVP). Programovací algoritmus LVP lze zakázat v konfiguračním slově součástky. Procesory mají z výroby povolen algoritmus LVP, proto při prvním programování je nutno ošetřovat i vstup LVP (po dobu programování pomocí algoritmu HVP musí být vstup LVP v log. 0).

Jelikož je tato funkce velice výhodná, rozhodl jsem se i já pro vybavení řídicí části ICSP konektorem, kterým lze mikrokontrolér naprogramovat. V tabulce níže je vyobrazeno rozložení pinů tohoto konektoru. V uspořádání a počtu pinů ICSP konektoru panuje mezi konstruktéry programátorů určitá nejednotnost, proto je konektor tvořen lámací lištou s kolíky, která umožňuje měnit pořadí vodičů, jenž jsou na konektor přivedeny.

Číslo pinu ICSP konektoru	Pin MCU	Signál
1	MCLR/VPP/RE3	MCLR
2	VDD	+5 V
3	VSS	GND
4	RB7	DATA
5	RB6	CLOCK

Tabulka 4.6: Uspořádání pinů ICSP konektoru



Obr. 4.7: Fotografie řídicí části jednotky

4.3 Konstrukce výkonové části jednotky

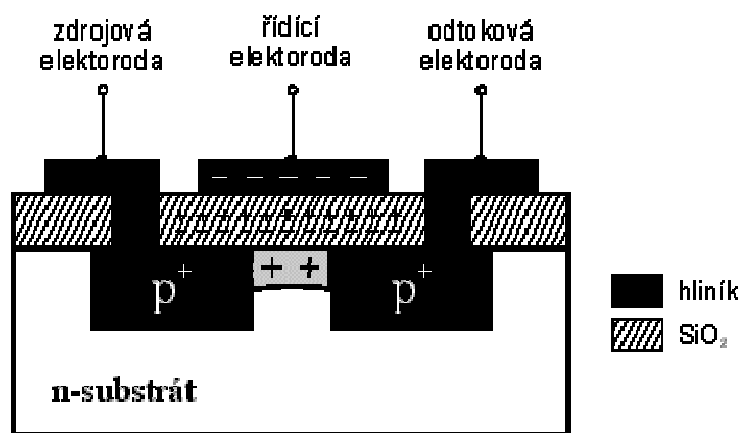
Výkonová část sestává z:

- výkonových unipolárních tranzistorů MOSFET, jenž spínají jednotlivé bloky světel:
 - Blok přepínání denních a potkávacích světel
 - Blok spínání dálkových světel
 - Blok spínání směrových světel
 - Blok přepínání režimu zadních světel na brzdová
- svorkovnice pro přivedení napájecího napětí, ochranných prvků tranzistorů a jištění,

- konektoru pro připojení řídicí části,
- svorkovnic pro připojení jednotlivých svítidel,
- jednotlivých svítidel plnících dané funkce
- hardwarově-sofwarového bloku detekce a signalizace vadných svítidel.

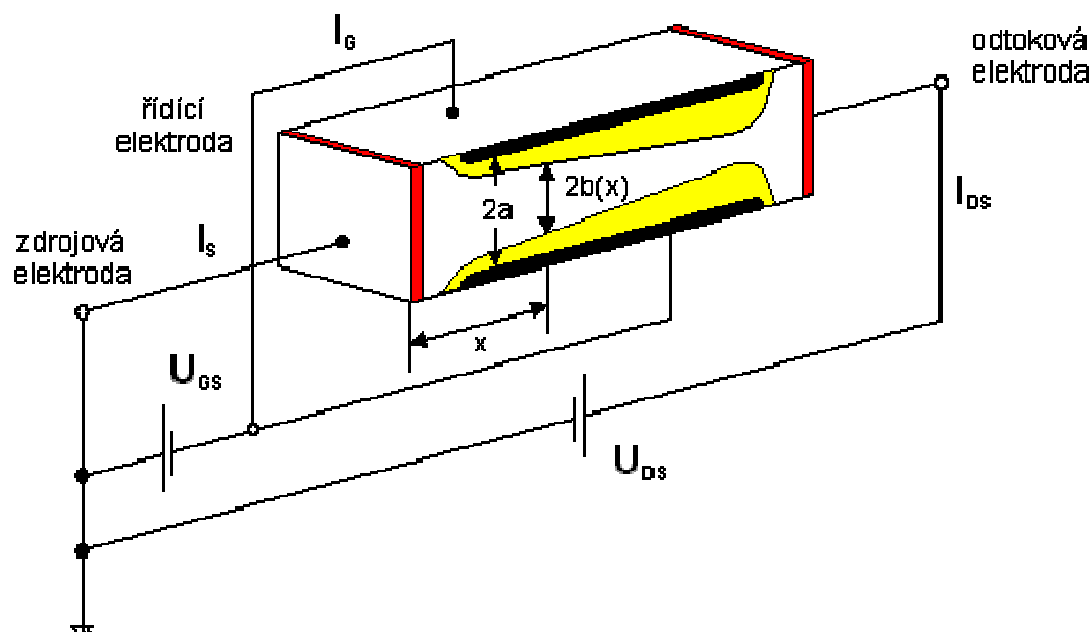
4.3.1 Princip unipolárního tranzistoru MOSFET

U tranzistoru typu MOSFET (Metal-Oxide-Semiconductor Field-Effect Transistor) je hradlo izolováno tenkou vrstvičkou izolantu, např. SiO_2 a tak stejnosměrný vstupní odpor tohoto prvku je teoreticky nekonečný, v praxi je řádu 10^{11} - $10^{12} \Omega$.



Obr. 4.8: Typická struktura MOSFETu [11]

Do substrátu o vodivosti P jsou nadifundovány dvě oblasti typu N a tyto oblasti slouží jako elektrody S a D. Řídicí elektroda se nachází mezi těmito oblastmi a je izolována tenkou vrstvou oxidu křemičitého (SiO_2). Přiložíme-li nyní na řídicí elektrodu dostatečně vysoké kladné napětí (avšak nikoliv tak vysoké, abychom izolační vrstvičku prorazili), vytvoří se na povrchu polovodiče typu P v blízkosti hradla tzv. inverzní vrstva, tj. vrstva o opačné vodivosti, tedy o vodivosti N a tato inverzní vrstva propojí oblasti typu N (tedy elektrody S a D) a proud mezi těmito elektrodami může procházet. Průřez kanálu mezi elektrodami S a D, tvořeného touto inverzní vrstvou, je závislý na velikosti rozdílu mezi napětím, přiloženým na hradlo tranzistoru a napětím ve vzdálenosti x od elektrody S tranzistoru, podobně jako je tomu u tranzistoru JFET. Zde je ale napětí na hradle a napětí na elektrodě D tranzistoru stejné polarity, což má za následek, že průřez kanálu klesá se vzdáleností x . V blízkosti elektrody D se může stát, pro určitou velikost napětí U_{GS} a napětí U_{DS} , že inverzní vrstva zmizí a omezí tak proud mezi elektrodami S a D. To se projeví na výstupní charakteristice tranzistoru (závislost proudu I_{DS} na napětí U_{DS} pro konstantní U_{GS}) saturací proudu od určité hodnoty U_{DS} .



Obr. 4.9: Princip funkce unipolárního tranzistoru JFET [11]

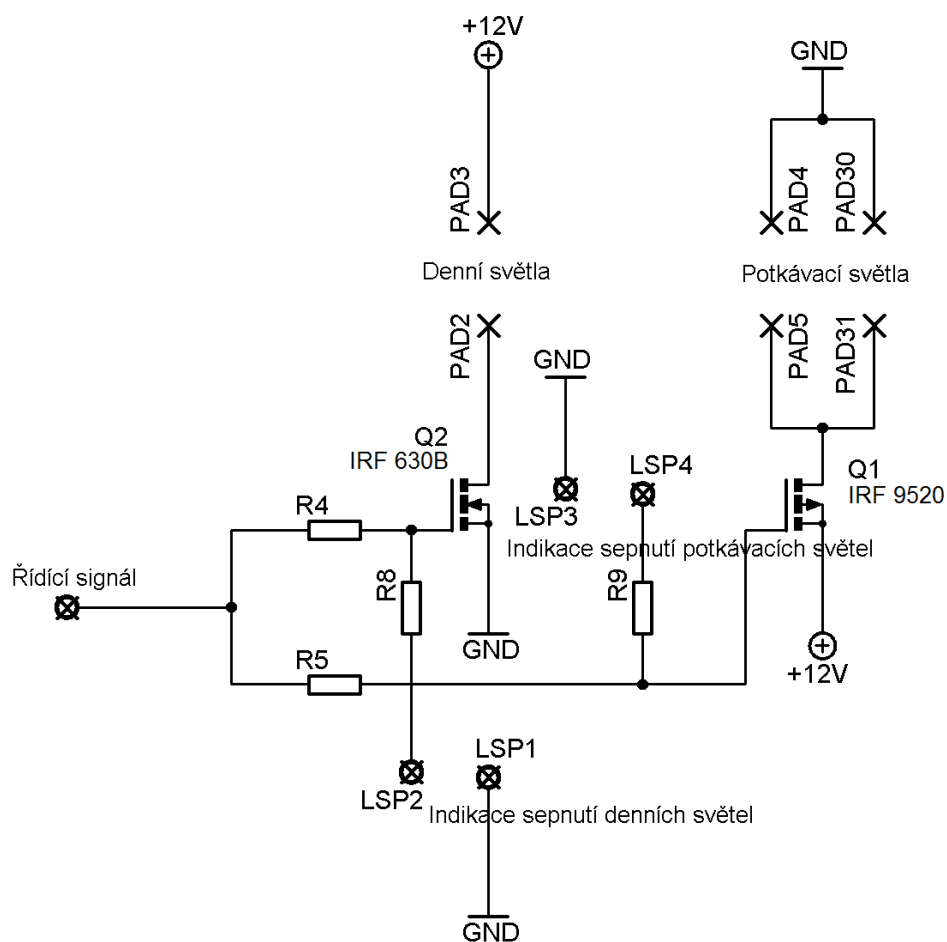
Vznik inverzní vrstvy je možné kvalitativně vysvětlit následující úvahou. Přiložíme-li na hradlo G tranzistoru MOSFET kladné napětí vůči elektrodě S, vzniká efektem elektrostatické indukce elektrické pole v izolační vrstvě, neboť záporný náboj ve vrstvě se hromadí v blízkosti hradla a kladný v blízkosti povrchu polovodiče. Tento kladný náboj opět indukuje hromadění záporného náboje v blízkosti rozhraní oxid-polovodič, ale na straně polovodiče. V blízkosti rozhraní oxid-polovodič tedy vzniká v polovodiči typu P vrstva obohacená elektrony. Je-li náboj nahromaděný na straně oxidu v blízkosti rozhraní oxid-polovodič dostatečně veliký (to závisí na velikosti napětí na elektrodě G a na tloušťce izolační vrstvičky, tj. na elektrickém poli, které se přes oxidovou vrstvičku vytvoří), může obohacení elektrony v polovodiči vést k vytvoření vrstvy opačné vodivosti, než měl původní polovodič, tedy typu N; tato vrstva se nazývá proto inverzní vrstva. Obdobný efekt nastává, zvolíme-li základní materiál typu N, elektrody S a D vytvoříme oblastmi typu P a na hradlo G a elektrodu D budeme přikládat záporné napětí vůči elektrodě S. Podle toho, jaké vodivosti je inverzní vrstva, rozlišujeme tranzistory MOSFET s kanálem typu N a s kanálem typu P. Mnemotechnicky si můžeme pamatovat, že polarita napětí na kolektoru bipolárního tranzistoru NPN v zapojení SE je stejná jako na elektrodě D tranzistoru MOSFET s kanálem typu N, tedy kladná vůči emitoru nebo elektrodě S, a naopak záporná vůči emitoru nebo elektrodě S, jedná-li se o tranzistor typu PNP nebo MOSFET s kanálem typu P. Proto se také často používá označení K nebo C pro elektrodu D a E pro elektrodu S; je však třeba si uvědomovat, že oba druhy tranzistorů (bipolární a unipolární) pracují na zcela odlišných fyzikálních principech.

U výše popsaného tranzistoru MOSFET nepoteče proud I_{DS} , bude-li na elektrodě G nulové napětí vůči elektrodě S. Je to tím, že inverzní vrstva je indukována napětím na hradle tranzistoru, bez napětí

inverzní vrstva neexistuje a tranzistor tedy nevede. Říkáme, že se jedná o tranzistor MOSFET s indukovaným kanálem. Pracovní oblast napětí na hradle leží tedy (pro MOSFET s indukovaným kanálem typu N) v oblasti kladných napětí vůči elektrodě S. To je často výhoda, neboť nám v aplikaci stačí jeden zdroj napětí, ale pracovní oblasti tranzistoru MOSFET a tranzistoru JFET s kanálem stejné vodivosti se nepřekrývají, takže např. není možná záměna obou typů. Z tohoto důvodu byl vyvinut ještě jeden druh tranzistorů typu MOSFET a sice MOSFET s technologicky vytvořeným kanálem. Jeho struktura se neliší podstatně od té, znázorněné na obrázku 3.32, pouze při povrchu základního polovodiče u oxidové vrstvičky je technologicky vytvořena tenká oblast vodivosti N, která slouží jako vodivý kanál mezi elektrodami S a D v případě, že na elektrodě G je nulové napětí vůči S. Tranzistor MOSFET s technologicky vytvořeným kanálem tedy vede proud I_{DS} v případě, že na elektrodě G je nulové napětí. Je-li kanál technologicky vytvořen, může tranzistor MOSFET pracovat ve dvou režimech, režimu obohacení (enhancement) a režimu ochuzení (depletion). Režim obohacení nastává při přiložení kladného napětí na elektrodu G, kdy stejným mechanismem elektrostatické indukce jako byl popsán u MOSFETu s indukovaným kanálem se kanál dále rozšiřuje a tedy obohacuje o elektrony, stává se vodivější a příslušné výstupní charakteristiky se nasycují při vyšším proudu (při jinak stejném U_{GS}). Při přiložení záporného napětí na elektrodu G funguje opět mechanismus elektrostatické indukce, ale s opačným efektem, technologicky vytvořený kanál typu N se ochuzuje o elektrony, jeho průřez klesá, až při určitém dostatečně velkém záporném napětí U_{GS} proud mezi elektrodami S a D klesne prakticky na nulu, tranzistor se zavře. Režimu tranzistoru MOSFET s technologicky vytvořeným kanálem typu N při přiložení záporného napětí na hradlo říkáme proto režim ochuzení. Pracovní oblast tranzistoru MOSFET s technologicky vytvořeným kanálem leží tedy obecně v kladných i záporných napětích U_{GS} , a je možno ji vhodným technologickým postupem "posunout" buď víc do oblasti kladných nebo víc do oblasti záporných napětí na hradle. [11]

4.3.2 Blok přepínání denních a potkávacích světel

Blok přepínání denních a potkávacích světel je tvořen dvěma unipolárními tranzistory typu MOSFET. První z těchto tranzistorů je MOSFET typu N (IRF 630B) a druhý MOSFET typu P (IRF 9520). Unipolární tranzistory jsem zvolil proto, že na rozdíl od relé mají téměř zanedbatelný proudový odběr, nedochází u nich k opotřebování, nevyskytuje se v jejich okolí elektromagnetické pole, jenž by mohlo rušit případné vysokofrekvenční obvody atd. Na obrázku 4.8 je vidět blok přepínání denních světel na potkávací.

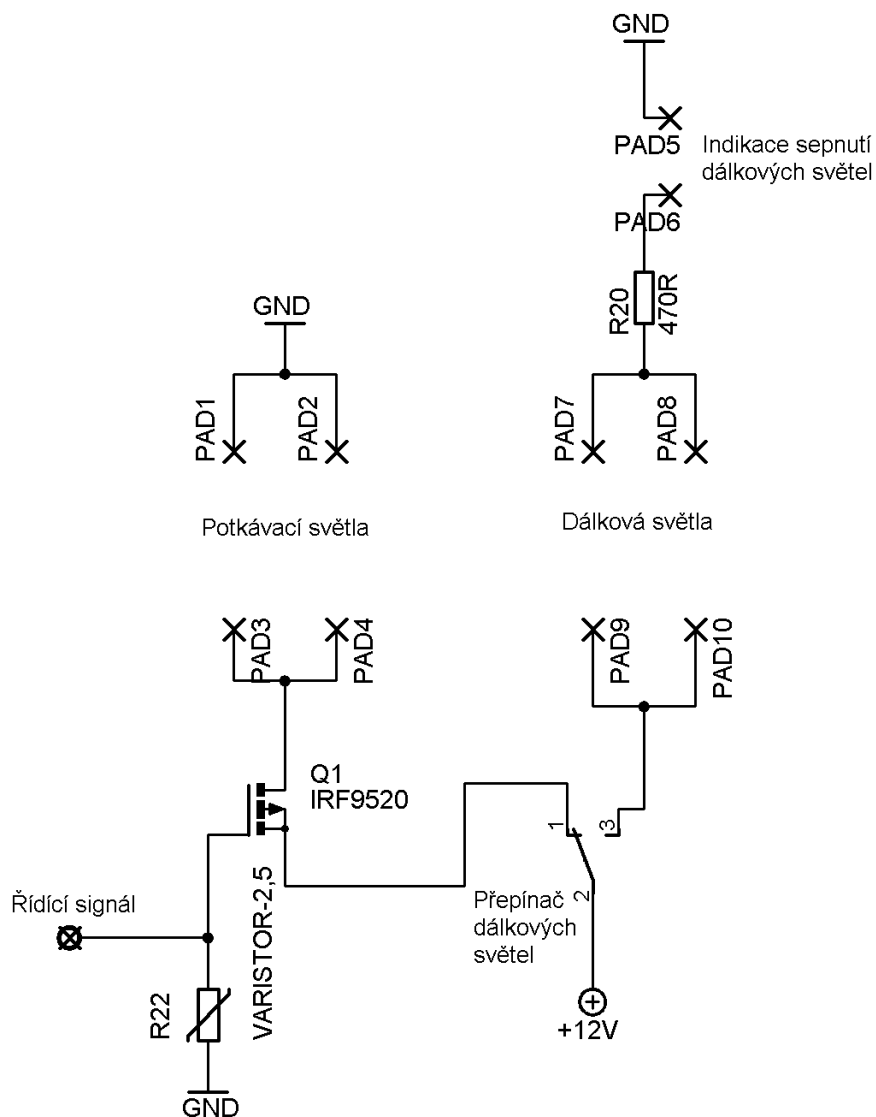


Obr. 4.10: Blok přepínání denních a potkávacích světel

Princip přepínání je následující: na místo, které je na obrázku označeno jako Řídicí signál se připojí řídicí napětí od mikrokontroléru (5 V). V logické úrovni H je sepnut MOSFET typu N a rozepnut MOSFET typu P, v úrovni L je to právě naopak – je sepnut MOSFET typu P a rozepnut MOSFET typu N. Celý postup přepínání tedy spočívá v tom, že na základě úrovně okolního osvětlení vyhodnotí řídicí část, zda-li mají být přepnuta denní světla na potkávací, popř. potkávací světla na denní a vyšle k výkonové části řídicí signál v logické úrovni H či L podle toho, která světla mají být sepnuta.

4.3.3 Přepínání dálkových světel

Princip spínání dálkových světel, případně přepínání dálkových světel na potkávací a potkávacích na dálková je patrný z obrázku 4.9.



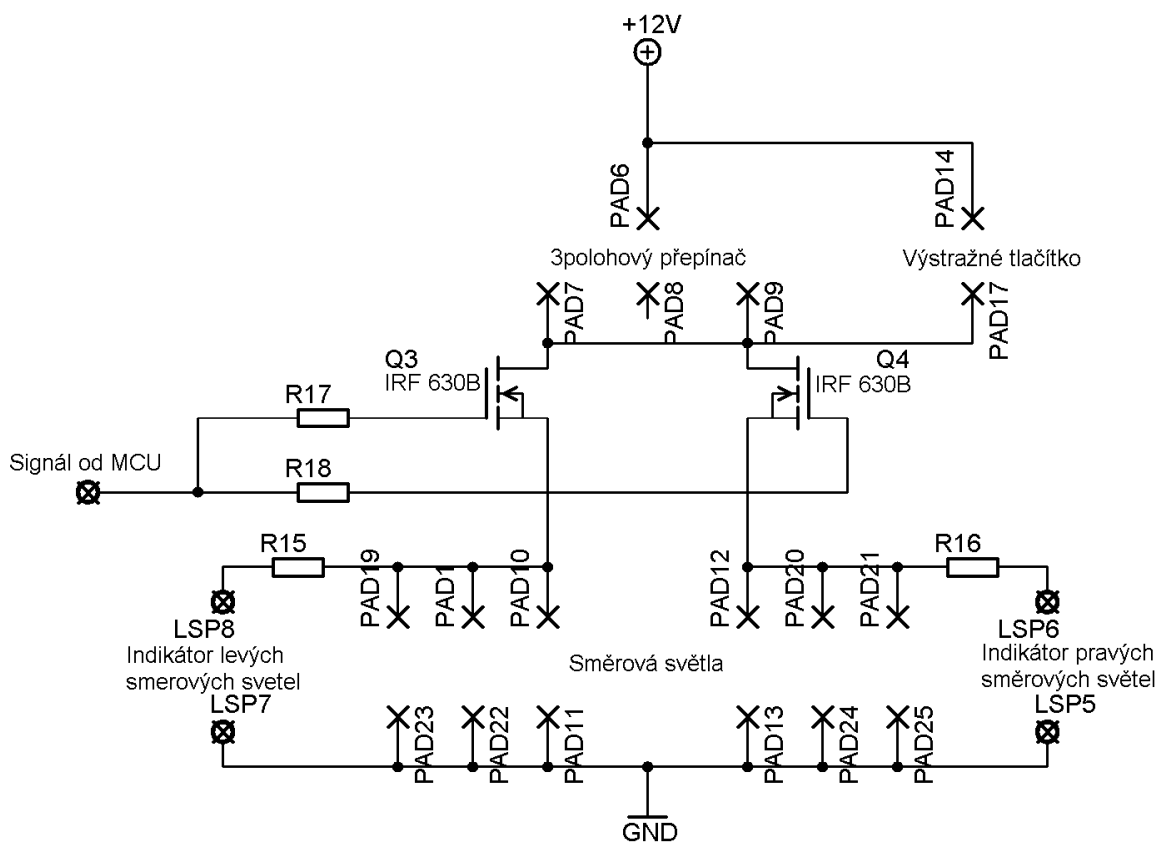
Obr. 4.11: Schéma bloku přepínání dálkových světel

Jsou-li sepnuta potkávací světla a je-li nutno přepnout tato světla na dálková, přepne se přepínač dálkových světel do polohy, kdy bude k dálkovým světlům přivedeno napájecí napětí. Tím dojde k vypnutí potkávacích světel. Navíc lze dálková světla zapnout nezávisle na tom, zda-li budou sepnuta potkávací či denní světla.

4.3.4 Směrová světla

Systém směrových světel sestává ze šesti svítilen – pro přední, boční a zadní směrové světlo na každé straně vozidla. Požadavkem na činnost směrových světel při uvedení do chodu je pravidelné blikání všech tří světel na té straně vozu, jakým směrem vozidlo zatáčí. Bude-li tedy například vozidlo

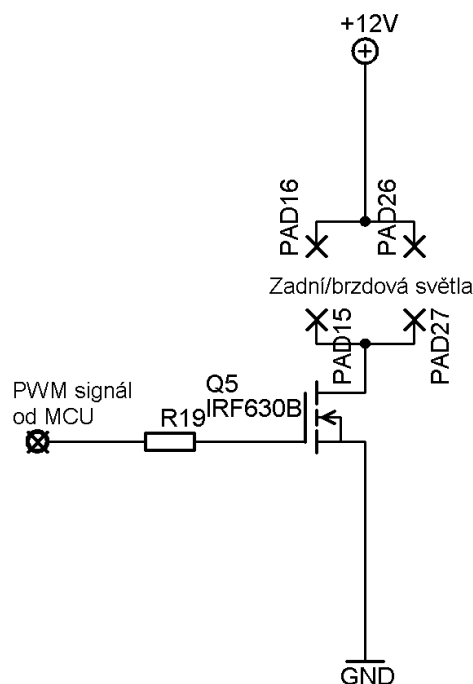
zatáčet doleva, musí blikat všechna tři směrová světla na levé straně vozidla. Další požadavkem je, aby se při sepnutí výstražného tlačítka rozblíkala všechna směrová světla a fungovala jako světla výstražná. Schéma systému směrových světel je na naznačeno na obr. 4.10.



Obr. 4.12: Systém směrových světel

4.3.5 Zadní/brzdová světla

Pro zapojení zadních a brzdových světel byl zvolen takový postup, který umožňuje sloužit režim zadních i brzdových světel do jednoho svítidla, což má výhodu úspore energie, která by jinak byla vynaložena při současném rozsvícení zadních i brzdových světel. Tento postup spočívá řízení zadních světel pomocí pulzně-šířkové modulace (PWM), přičemž v režimu zadních světel jsou tato rozsvícena přibližně na 50% maximálního jasu, v případě, že je sešlápnut brzdový pedál, je tato situace zaregistrována mikrokontrolérem, který upraví PWM signál na tak, že se zadní světla rozsvítí na maximální úroveň jasu (režim brzdových světel). Navíc, po určitém, programově nastavitelném čase, dojde k rozblíkání brzdových světel. Je-li brzdový pedál uvolněn, vrátí se úroveň jasu světel zpět na režim zadních světel.

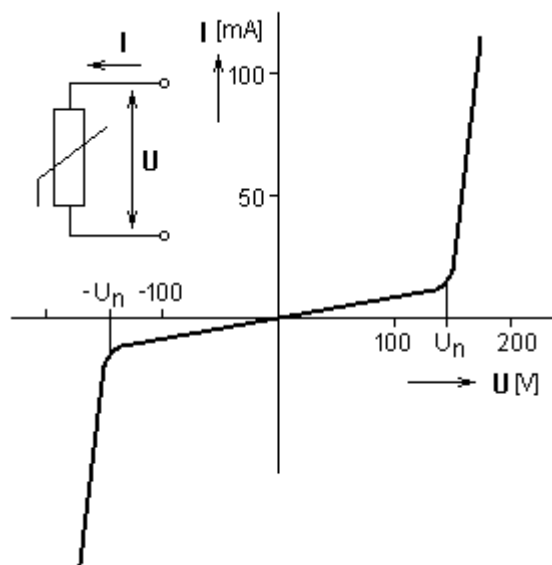


Obr. 4.13: Schéma bloku zadních/brzdových světel

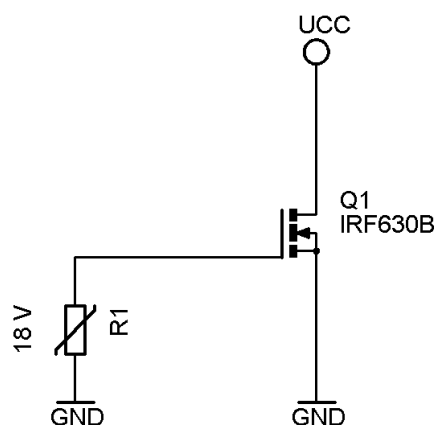
4.3.6 Napájení a jištění výkonové části jednotky

Napájení výkonové části je stejně jako u části řídicí odvozeno od napětí autobaterie, tedy napětí 12 voltů a je připojeno přes svorkovnici a pojistku. Pojistka i její držák je stejného typu jako u řídicí části, jen její hodnota se liší. Ta byla odvozena od maximálního proudu, který může všemi svítily protékat a činí 1 A.

Vzhledem k tomu, že moderní unipolární tranzistory MOSFET nejsou tak citlivé na elektrostatický náboj jako jejich předchůdci, přesto jsem jako jejich ochranné prvky zvolil varistory, jejichž mezní napětí U_n musí být nižší než maximální dovolené napětí přivedené mezi elektrody gate (G) a source (S), neboli U_{GS} , v anglicky psané literatuře označované jako V_{GS} , popř. V_{GSS} (Gate to Source Voltage). Jeho hodnotu lze nalézt v katalogovém listu každého unipolárního tranzistoru. Protože toto napětí u tranzistoru IRF 630B bylo ± 30 V a u tranzistoru IRF 9520 ± 20 V, byla zvolena hodnota mezního napětí varistorů rovna 18 V. Toto opatření (vycházející z principu funkce varistoru, jehož VA charakteristika je na obr. 4.12) zamezí vniknutí napětí vyššího než 18 V mezi elektrody gate a source.



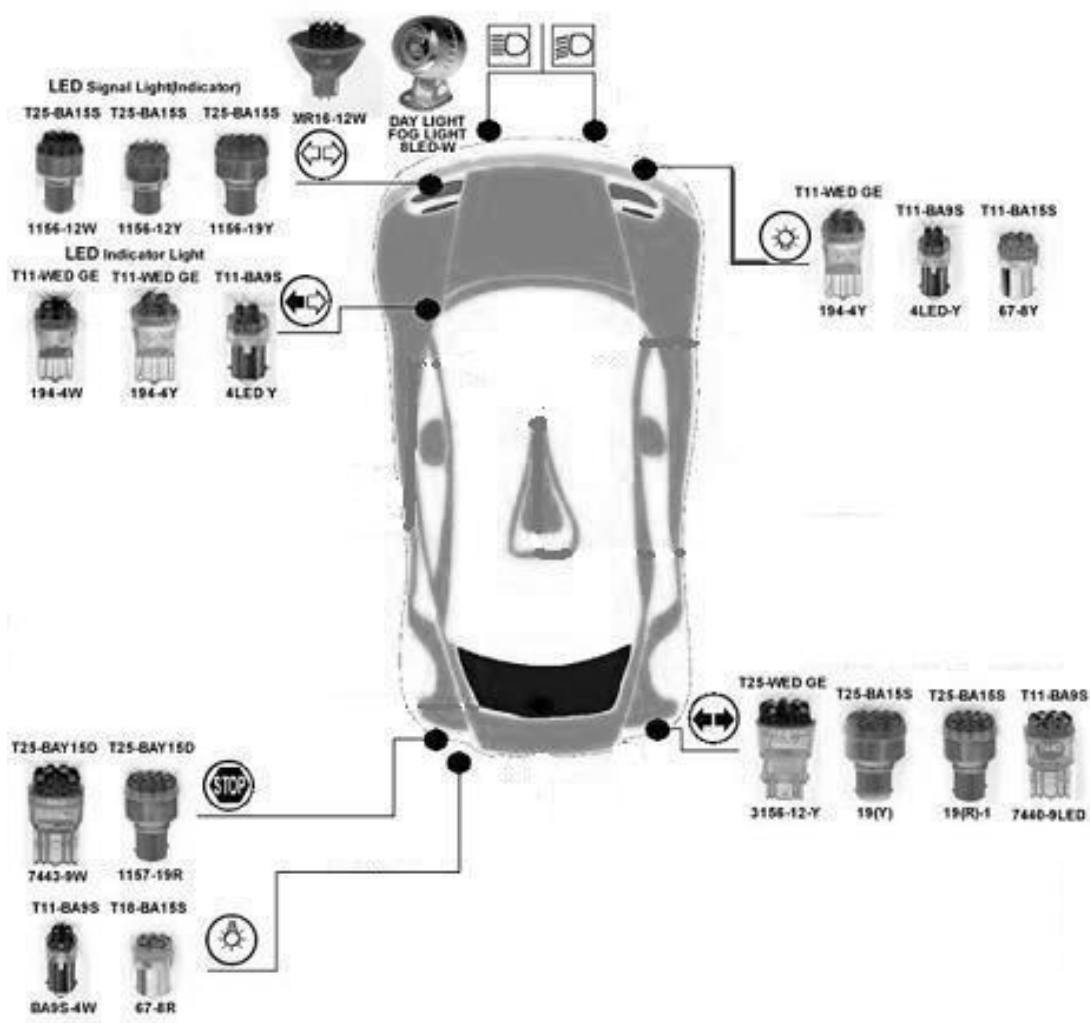
Obr. 4.14: VA charakteristika varistoru



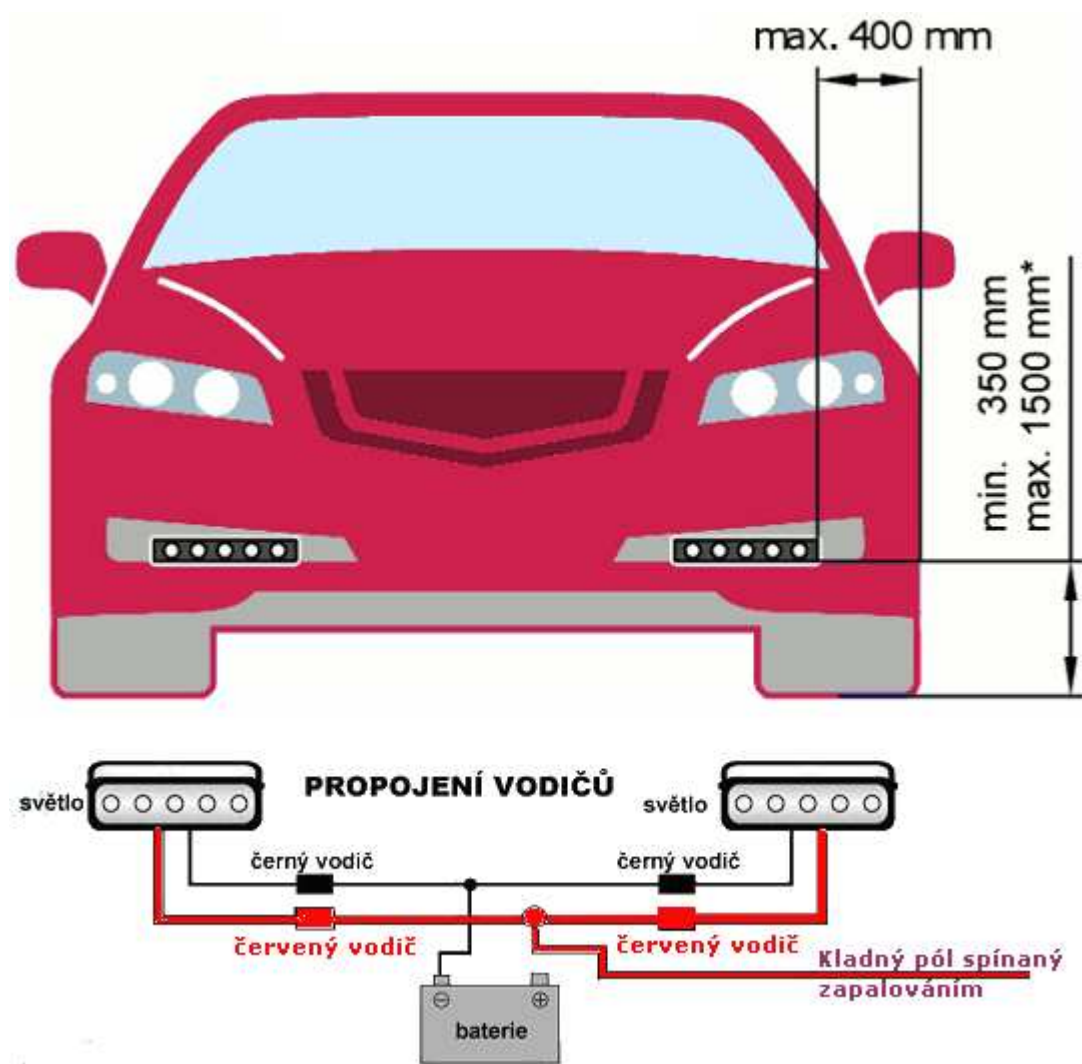
Obr. 4.15: Zapojení varistoru jako ochranného prvku MOSFETu

4.3.7 Volba jednotlivých druhů svítidel

Jak už bylo několikrát zmiňováno, musí být zařízení, jímž se ve své diplomové práci zabývám, energeticky co nejúspornější. Proto byly voleny energeticky úsporné komponenty, jako mikrokontrolér s nanowattovou technologií nebo unipolární tranzistory MOSFET, které neodebírají téměř žádný proud. Nejinak tomu bude i u samotných svítidel, která jsou z celého zařízení ta energeticky nejnáročnější. Z tohoto důvodu by bylo nejvýhodnější použít svítidla vyrobená technologií LED. Dnes je na trhu k dostání mnoho takovýchto svítidel, velmi populární jsou bodová LED světla pro denní svícení, jež se u automobilů nejčastěji instalují namísto mlhových světel. Dokonce i běžné halogenové žárovky lze nahradit jejich LED variantami, jež jsou osazeny do standardních patič a které nabízí mnoho výrobců, jako jsou patice H7, H4 (výrobce SuperBright), BA15S a další.



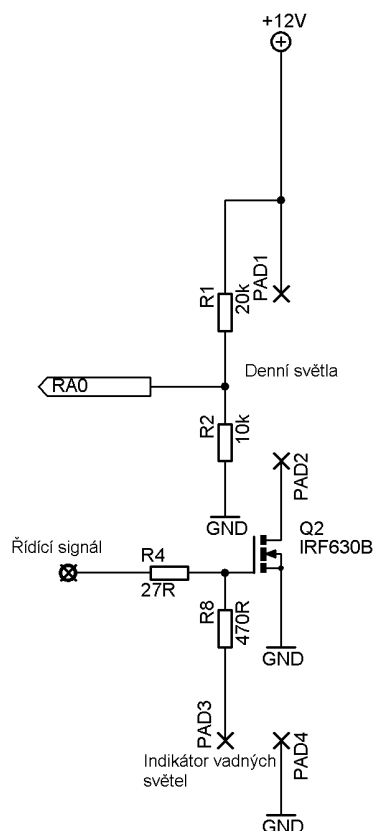
Obr. 4.16: Model osvětlovací soustavy s použitím LED světel



Obr. 4.17: Způsob montáže denních světel [13]

4.3.8 Hardwarově-sofwarová detekce a signalizace vadných světel

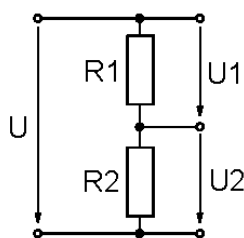
Aby řidič vozidla dobře viděl a samo vozidlo bylo v provozu dobře viditelné, je nezbytné a také povinné, aby mělo funkční alespoň jedno světlo přivrácené ke středu vozovky. Jelikož během jasného dne si řidič nemusí všimnout, že je některé světlo nefunkční, byl v mém zapojení navržen postup, díky němuž je řídicí jednotka schopna detekovat a také signalizovat závadu některého ze světel.



Obr. 4.18: Detekce a signalizace vadných světel

Princip detekce spočívá v tom, že pokud je světlo funkční, protéká proud tímto svítidlem a neprotéká napěťovým děličem tvořeným rezistory R1 a R2, tudíž na pinu mikrokontroléru RA0 se neobjeví napětí – světlo je tedy funkční. Je-li ale světlo vadné, proud jím neprotéká, naopak, protéká napěťovým děličem, na němž se dle vztahu (1) objeví napětí, což MCU vyhodnotí jako vadné svítidlo.

Pokud je zjištěna závada některého ze světel, rozsvítí se signalizační LED, jenž informuje řidiče o tom, že některé ze světel je nefunkční. Signalizační obvod byl navržen podle (2) pro 20 mA červenou LED, která se připojuje k řídicí části.



Obr. 4.19: Dělič napětí

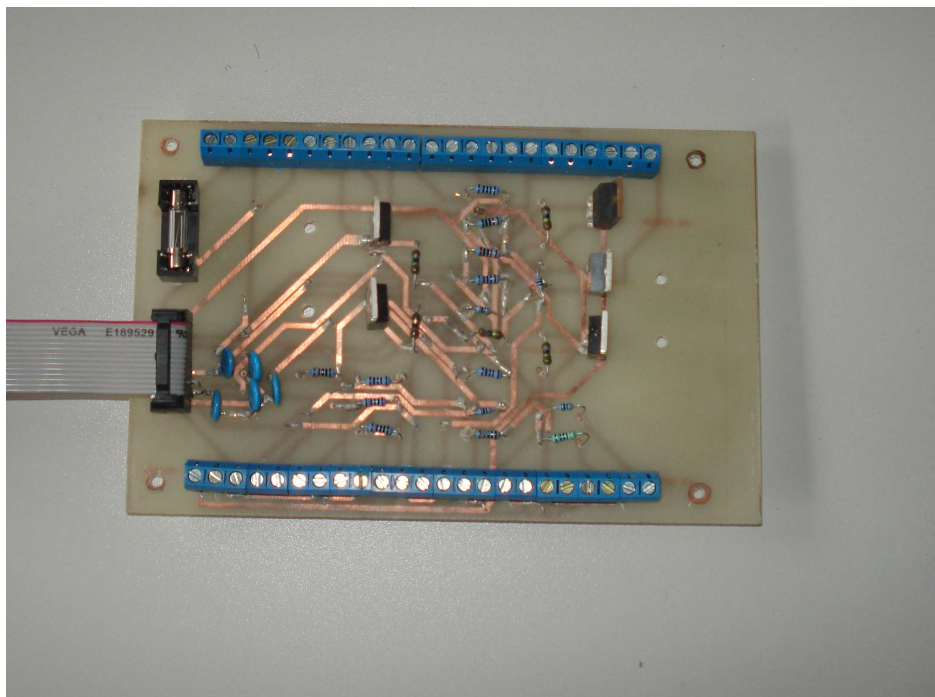
Pro napětí U_2 , tedy napětí přivedené na pin RA0 platí:

$$U_2 = \frac{R_2}{R_1 + R_2} \cdot U = \frac{10k}{10k + 20k} \cdot 12 \cong 4 V \quad (1)$$

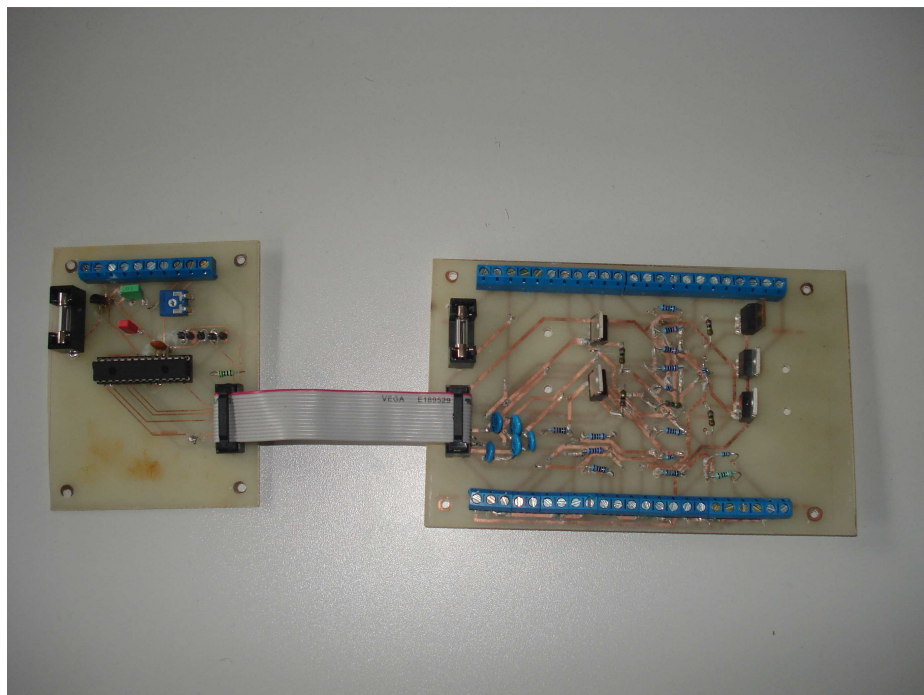
Navrhujeme-li signalizační obvod pro 20 mA červenou LED, vycházíme z následujícího vztahu:

$$R = \frac{U_N - U_{\text{úbytek}}}{I} = \frac{5V - 2,1V}{0,02} = 145 \, \Omega \quad (\text{z řady E12 zvoleno } 150 \, \Omega)$$

(2)



Obr. 4.20: Fotografie výkonové části jednotky

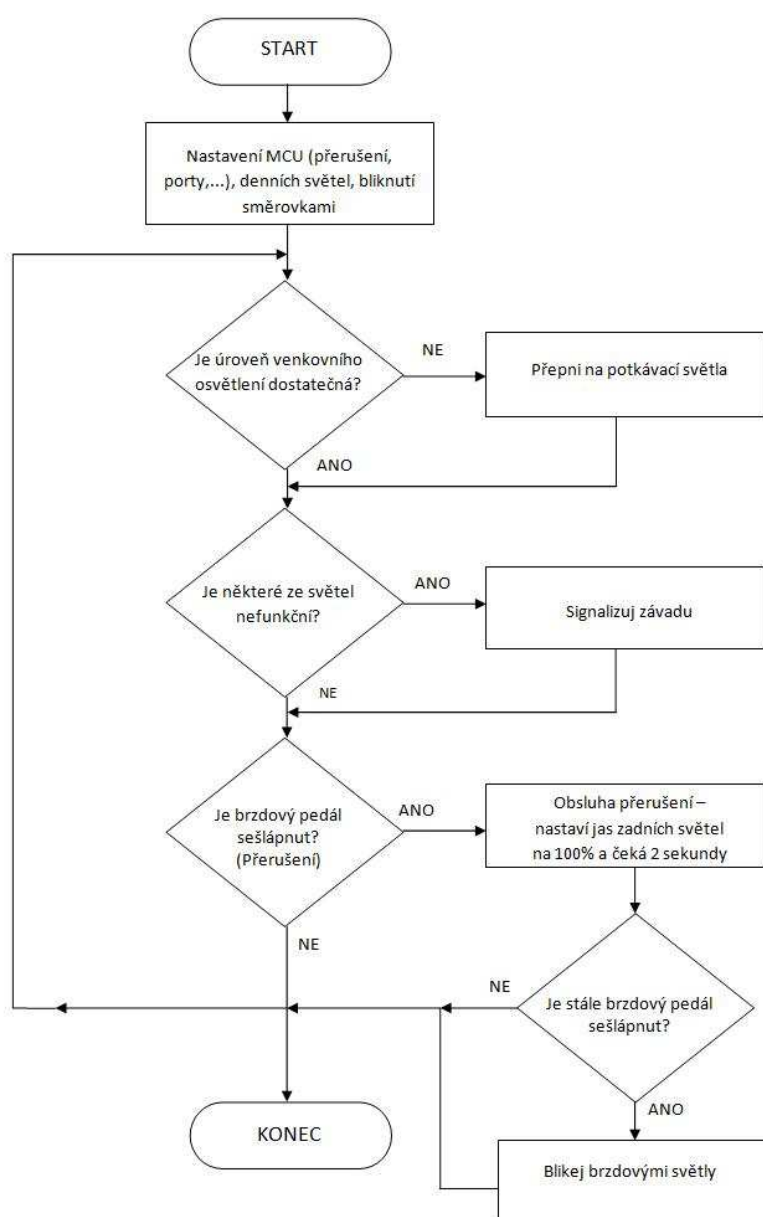


Obr. 4.21: Fotografie spojené řídicí a výkonové části

4.4 Řídící software

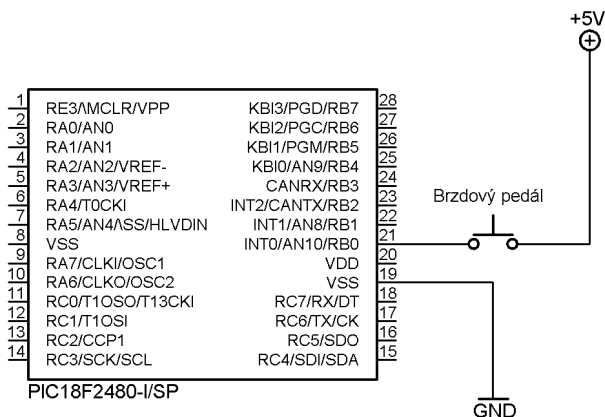
Software řídící jednotky byl napsán v jazyce symbolických adres (někdy též mylně označovaném assembler). Struktura tohoto programu (viz. obr. 4.19) vychází z požadavků kladených na řídící jednotku. Musí tedy zabezpečovat:

- aby řídící jednotka zareagovala na sešlápnutí brzdového pedálu
- při změně venkovního osvětlení přepnutí předních světel do patřičného režimu (denní, potkávací)
- blikání směrových světel
- detekci a signalizaci vadných světel



Obr. 4.22: Vývojový diagram řídicího programu

Vyhodnocení sešlápnutého brzdového pedálu probíhá následovně: jeden z kontaktů je připojen k napětí +5 V a druhý k pinu RB0 mikrokontroléru (obr. 4.21), který představuje jeden ze vstupů pro přerušení od vnějšího zdroje. Jestliže se brzdový pedál sešlápnut, vyvolá to v MCU požadavek na přerušení, v obslužném podprogramu přerušení je pomocí PWM nastaven jas zadních světel na 100 % a vyčkává se na uvolnění pedálu. Pokud se pedál do určité doby (dvou sekund) neuvolní, zadní (brzdová) světla začnou měnit hodnotu střídavě z 50 % jasu na maximální jas, což vyvolá efekt blikajících brzdových světel. Tímto mohou být řidiči za vozidlem upozorněni na delší, intenzivnější brzdění.



Obr. 4. 23: Zapojení brzdového pedálu

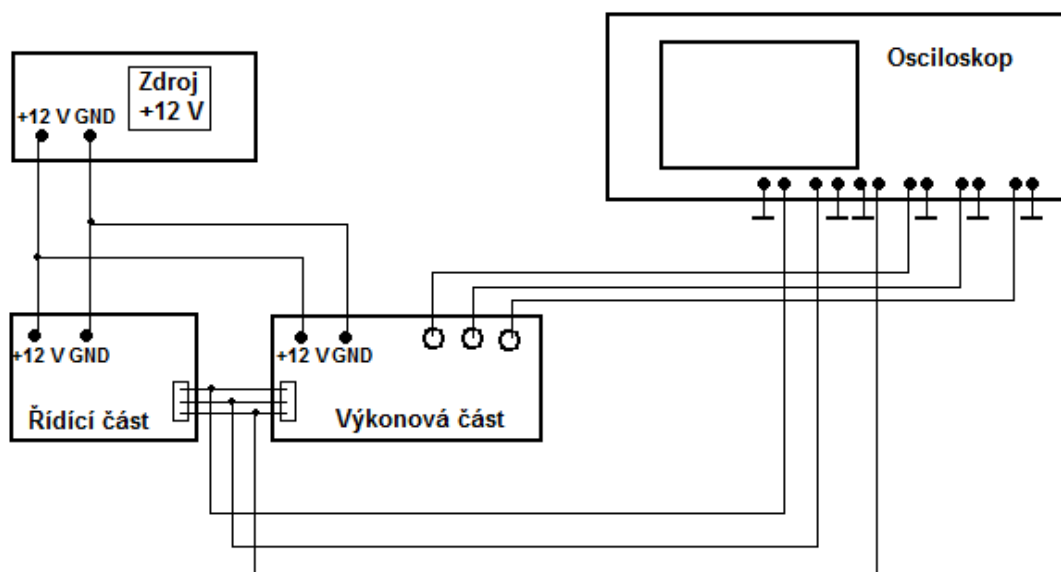
Jak už bylo zmíněno, je řídicí jednotka schopna reagovat na změnu intenzity venkovního osvětlení a to tak, že k pinu RA7 se připojí dělič napětí tvořený fotočidlem (fotorezistorem, např. VT93N2) a odporovým trimrem (viz. obr. 4.5), jímž je možno nastavovat citlivost fotočidla. Je-li vnější osvětlení dostatečné, je na tomto děliči napětí log. úrovně L, což v řídicím programu vede k rozsvícení denních světel. Naopak, není-li venku dostatečné osvětlení, objeví se na děliči napětí log. úrovně H, program tedy provede přepnutí na potkávací světla.

Dále je řídicí software ještě schopen zajistit blikání směrových světel periodickým spínáním a vypínáním příslušného tranzistoru, na něž je přiváděno dvouúrovňové řídicí napětí z pinu RB5 a detekci i signalizaci nefunkčních světel, což již bylo popsáno výše.

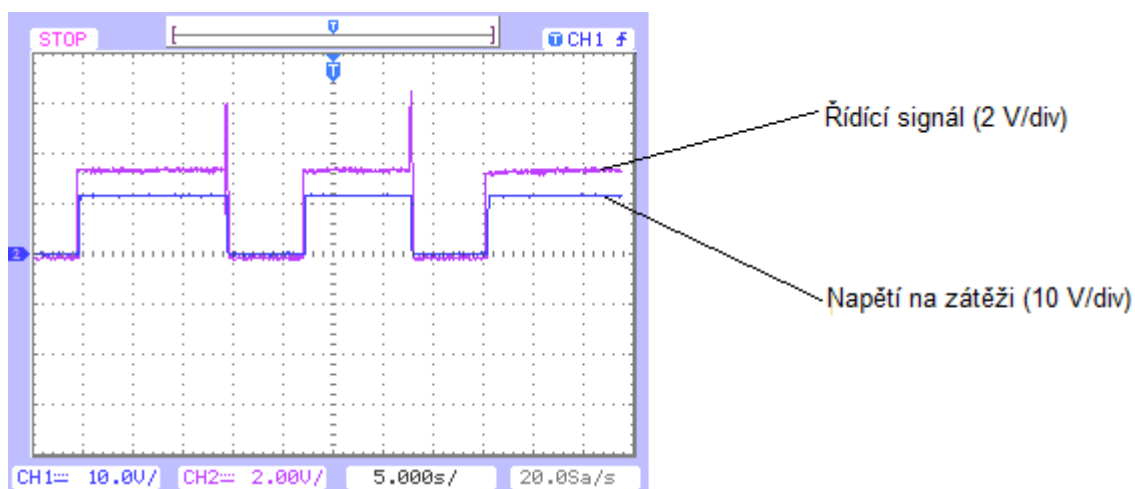
5 Výsledky

V této kapitole jsou předloženy experimentální výsledky měření provedeného na řídicí jednotce systému osvětlení. Pro měření byly použity tyto přístroje:

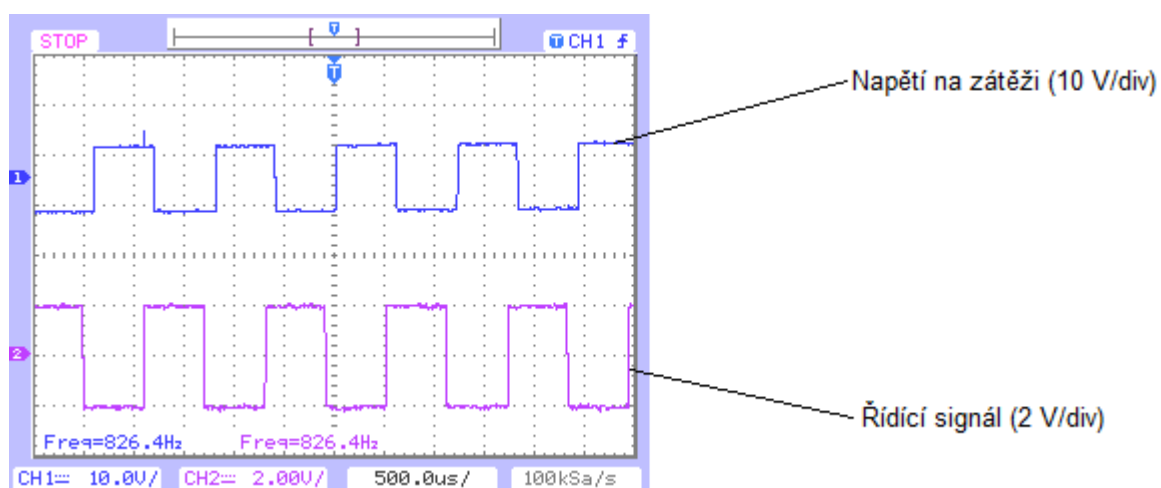
- stabilizovaný napájecí zdroj Manson NP-9615,
- osciloskop Agilent Technologies DSO3152A (150 MHz, 1GSa/s)
- odporová zátěž s $R = 10\ \Omega$
- odporová zátěž s $R = 470\ \Omega$



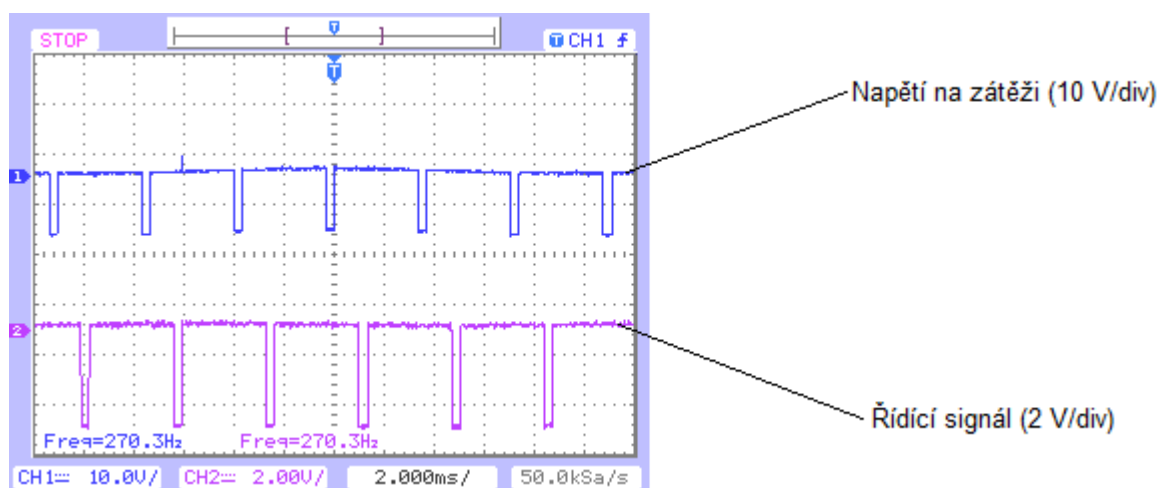
Obr. 5.1: Blokové schéma experimentálního měření



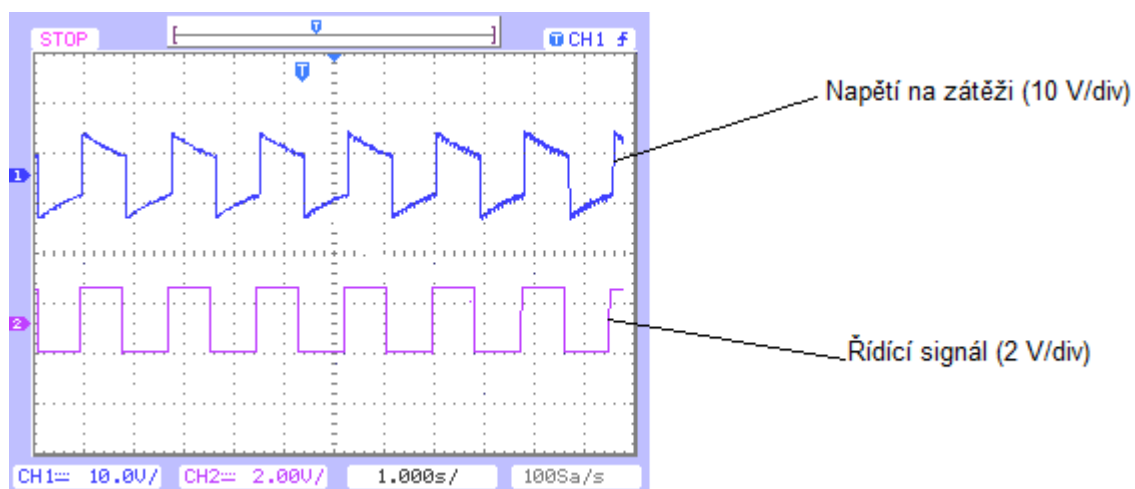
Obr. 5.2: Řídicí signál ovládání denních/potkávacích světel a napětí na zátěži ($R = 10\ \Omega$) zapojené namísto denních/potkávacích světel



Obr. 5.3: PWM modulovaný řídící signál a napětí na zátěži zadních/brzdových světel se znázorněnou opakovací frekvencí PWM (režim zadních světel)



Obr. 5.4: PWM modulovaný řídící signál a napětí na zátěži ($R = 10 \Omega$) zadních/brzdových světel se znázorněnou opakovací frekvencí PWM (režim zadních světel)



Obr. 5.5: Řídící signál pro ovládání směrových světel a napětí na zátěži ($R = 470 \, \Omega$) představující tato světla

Neobvyklý tvar napětí na zátěži je způsoben tím, že byla použita zátěž s odporem $R = 470 \, \Omega$, čímž se prodloužila časová konstanta a tudíž nedocházelo k okamžité reakci na řídící signál.

6 Závěr

V rámci této diplomové práce jsem navrhl a zkonstruoval řídicí jednotku osvětlovacího systému elektromobilu. Pro mě osobně to byla zatím nejsložitější konstrukce, jakou jsem kdy realizoval.

Funkčnost jsem ověřoval experimentálním měřením uvedeným v páté kapitole. Jako náhrada za jednotlivá svítidla byla zvolena odporová zátěž dvou hodnot. Jednotlivé průběhy řídicích impulsů a napětí na zátěži jsou uvedeny tamtéž.

Řídicí software byl úmyslně psán v jazyce symbolických adres, protože je mi tento programovací jazyk bližší a mám s ním více zkušeností než například s jazykem C. Stejný důvod jsem měl i pro výběr mikrokontroléru. Mikrokontroléry PIC jsou totiž jediné, s kterými mám nějaké zkušenosti, i když konkrétně použitý typ PIC 18F2480 byl pro mě novinkou.

Domnívám se, že mnou navržená jednotka by jistě možná byla lépe navrhnutá někým, kdo má větší zkušenosti v konstrukci takovýchto zařízení, nicméně jsem se snažil jak nejlépe jsem dovedl splnit úkoly související s návrhem a realizací této jednotky. Rovněž věřím, že v budoucnu může být tato jednotka obohacena o nové součásti a funkce nebo i vylepšena například jiným řídicím procesorem.

7 Použitá literatura

- [1] Wolinsky, Howard: *U. of I.'s Holonyak out to take some of Edison's luster*
Chicago Sun-Times, 5. 2. 2005
- [2] Efremov, A. A. et al: *Effect of the joule heating on the quantum efficiency and choice of thermal conditions for high-power blue InGaN/GaN LEDs* 2006
- [3] Luminus Products CST-90 Series Datasheet
Luminus Devices, Inc., 2009
URL:
http://www.luminus.com/stuff/contentmgr/files/0/7c8547b3575bcecc577525b80d210ac7/misc/pds_001314_rev_03__cst_90_w_product_datasheet_illumination.pdf
- [4] XLamp XP-G LED
Cree, Inc., 2009
URL: http://www.cree.com/products/xlamp_xpg.asp
- [5] Seoul Semiconductor launches AC LED lighting source Acriche
LEDS Magazine, 2008
- [6] Blue LEDs: A health hazard?
texyt.com, 15. 1. 2007
URL: <http://texyt.com/bright+blue+leds+annoyance+health+risks>
- [7] Light Impacts: Science News
Sciencenews.org, 27. 5. 2006
URL: <http://www.sciencenews.org/articles/20060527/bob9.asp>
- [8] URL: <http://www.i-magazin.cz/view.php?navezclanku=svetla-automobilu-od-svice-k-plynove-vybojce&cislocclanku=2007030008>
- [9] URL: http://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode
- [10] Ing. Tomáš Maixner, Ing. Jíří Skála: Svítidla LED mýty a skutečnosti
Příspěvek na konferenci Světlo – Light 2009, Hotel Grand Jasná, 21. – 23. 10. 2009
- [11] URL: http://lucy.troja.mff.cuni.cz/~tichy/kap2/2_3_2.html
- [12] Datasheet PIC 18F2480
URL: <http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39637d.pdf>
- [13] URL: <http://www.auto-moto-elektronika.cz/denni-sviceni-led/pozicni-svetla-dl24-homologace>

8 Přílohy

Příloha č. 1: Zapojení pinů konektoru propojujícího řídicí a výkonovou část (CON1)

Pin	Popis pinu
1	Přepínání denních/potkávacích světel
3	Zadní/brzdová světla
5	Směrová světla
7	Detekce poruchy denních světel
11	Detekce poruchy pravého potkávacího světla
12	Detekce poruchy pravého zadního/brzdového světla
13	Detekce poruchy levého potkávacího světla
14	Detekce poruchy levého zadního/brzdového světla
2, 4, 6, 8, 9	Neobsazeno

Příloha č. 2: Zapojení svorkovnice řídicí části

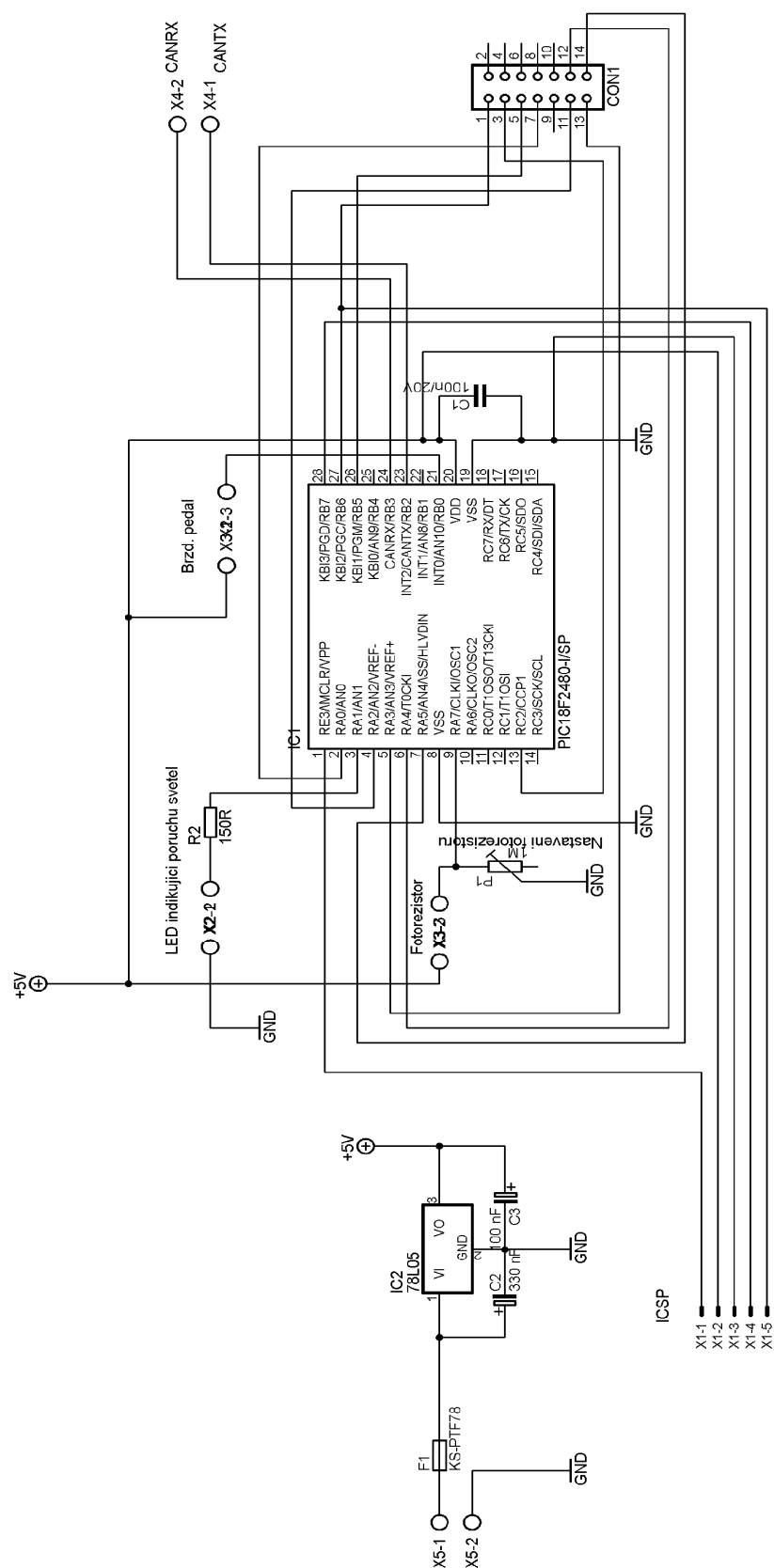
Číslo svorky	Popis svorky	Zkratka
X2-1	Anoda LED signalizující poruchu	Poruch LED +
X2-2	Katoda LED signalizující poruchu	Poruch LED -
X2-3	Záporný pól brzdového pedálu	BrPed -
X3-1	Kladný pól brzdového pedálu	BrPed +
X3-2	Záporný pól fotorezistoru	FotoR -
X3-3	Kladný pól fotorezistoru	FotoR +
X4-1	CAN bus vysílání	CANTX
X4-2	CAN bus příjem	CANRX
X5-1	Napájení +12 V	+12 V
X5-2	Zem	GND

Příloha č. 3: Zapojení svorkovnice výkonové části

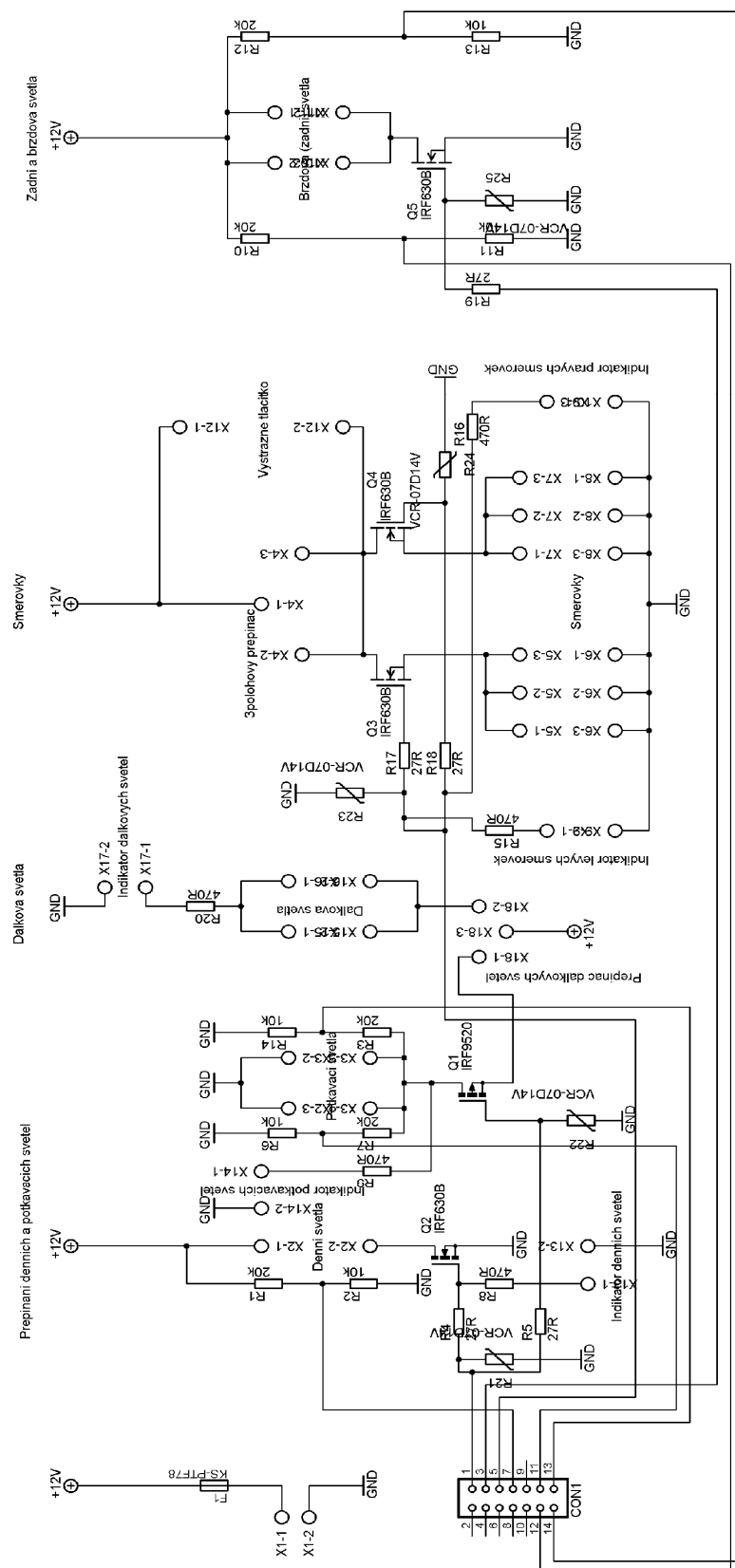
Číslo svorky	Popis svorky	Zkratka
X1-1	Napájení +12 V	+12 V
X1-2	Zem	GND
X2-1	Záporný pól levého potkávacího světla	LPot -
X2-2	Záporný pól denních světel	DRL -
X2-3	Kladný pól denních světel	DRL +
X3-1	Kladný pól pravého potkávacího světla	PPot +
X3-2	Záporný pól pravého potkávacího světla	PPot -
X3-3	Kladný pól levého potkávacího světla	LPot +
X4-1	Pól přepínače směrovek – pravé směrovky	Blink P
X4-2	Pól přepínače směrovek – levé směrovky	Blink L
X4-3	Společná svorka přepínače směrovek	Blink +
X5-1	Kladný pól levé přední směrovky	LPB +
X5-2	Kladný pól levé boční směrovky	LBB +
X5-3	Kladný pól levé zadní směrovky	LZB +
X6-1	Záporný pól levé zadní směrovky	LZB -
X6-2	Záporný pól levé boční směrovky	LBB -
X6-3	Záporný pól levé přední směrovky	LPB -
X7-1	Kladný pól pravé přední směrovky	PPB +
X7-2	Kladný pól pravé boční směrovky	PBB +
X7-3	Kladný pól pravé zadní směrovky	PZB +
X8-1	Záporný pól pravé zadní směrovky	PZB -
X8-2	Záporný pól pravé boční směrovky	PBB -

X8-3	Záporný pól pravé přední směrovky	PPB -
X9-1	Kladný pól indikátoru levých směrovek	ILB +
X9-2	Záporný pól indikátoru levých směrovek	ILB -
X9-3	Kladný pól indikátoru pravých směrovek	IPB +
X10-1	Záporný pól indikátoru pravých směrovek	IPB -
X10-2	Kladný pól levého zadního/brzdového světla	LBr +
X10-3	Záporný pól levého zadního/brzdového světla	LBr -
X11-1	Kladný pól pravého zadního/brzdového světla	PBr +
X11-2	Záporný pól pravého zadního/brzdového světla	PBr -
X12-1	Kladný pól výstražného tlačítka	VysTl +
X12-2	Záporný pól výstražného tlačítka	VysTl -
X13-1	Kladný pól indikátoru denních světel	IDRL +
X13-2	Záporný pól indikátoru denních světel	IDRL -
X14-1	Kladný pól indikátoru potkávacích světel	IPS +
X14-2	Záporný pól indikátoru potkávacích světel	IPS -
X15-1	Záporný pól levého dálkového světla	LDal -
X15-2	Kladný pól levého dálkového světla	LDal +
X16-1	Záporný pól pravého dálkového světla	PDal -
X16-2	Kladný pól pravého dálkového světla	PDal +
X17-1	Kladný pól indikátoru dálkových světel	IDal +
X17-2	Záporný pól indikátoru dálkových světel	IDal -
X18-1	Pól přepínače potkávacích/dálkových světel – potkávací světla	Potk
X18-2	Pól přepínače potkávacích/dálkových světel – dálková světla	Dalk
X18-3	Společná svorka přepínače potkávacích/dálkových	+

Příloha č. 4: Schémata řídicí a výkonové části

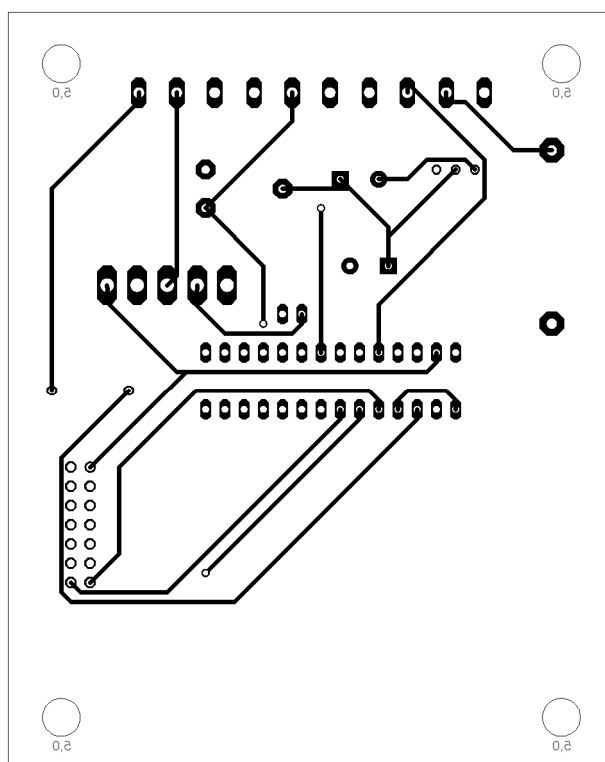


Obr. 8.1: Schéma řídicí části

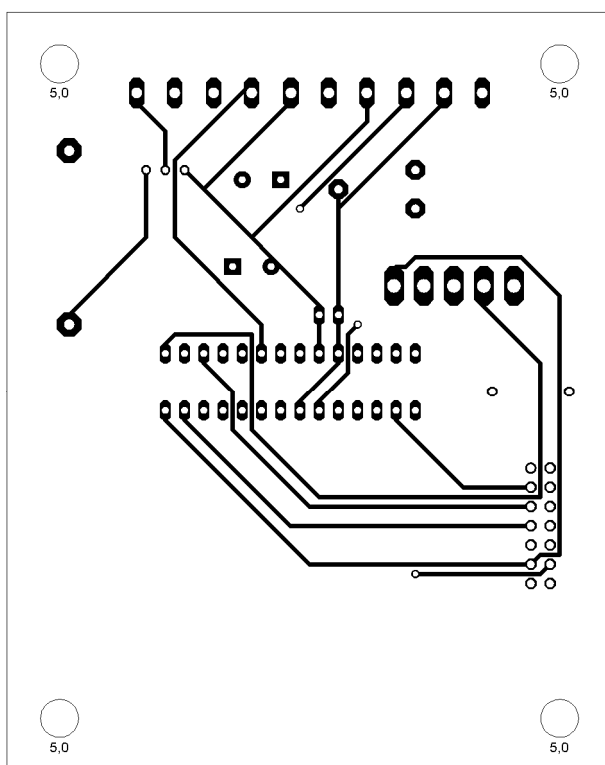


Obr. 8.2: Schéma výkonové části

Příloha č. 5: Deska plošných spojů řídicí části

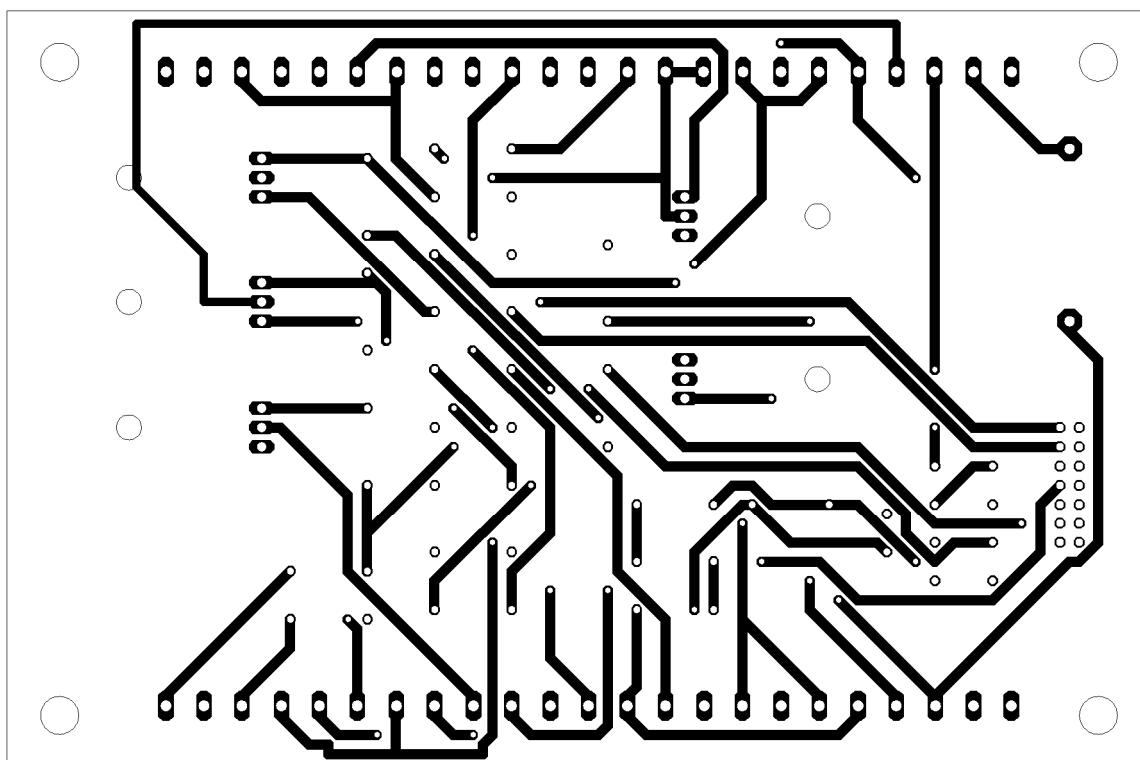


Obr. 8.3: Plošný spoj – spodní strana

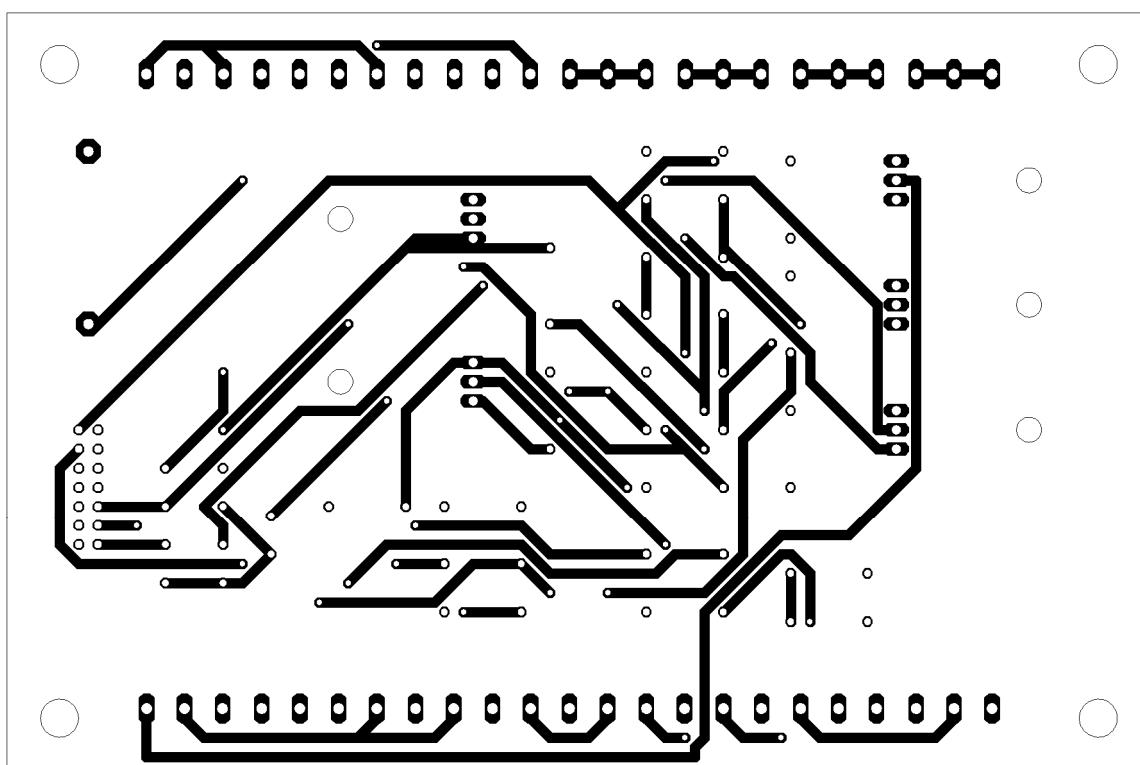


Obr. 8.4: Plošný spoj – horní strana

Příloha č. 6: Deska plošných spojů výkonové části

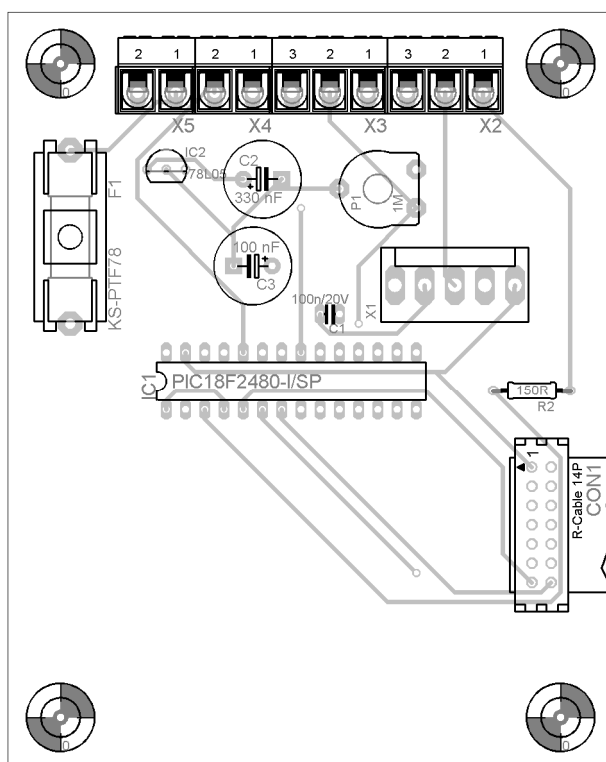


Obr. 8.5: Plošný spoj – spodní strana

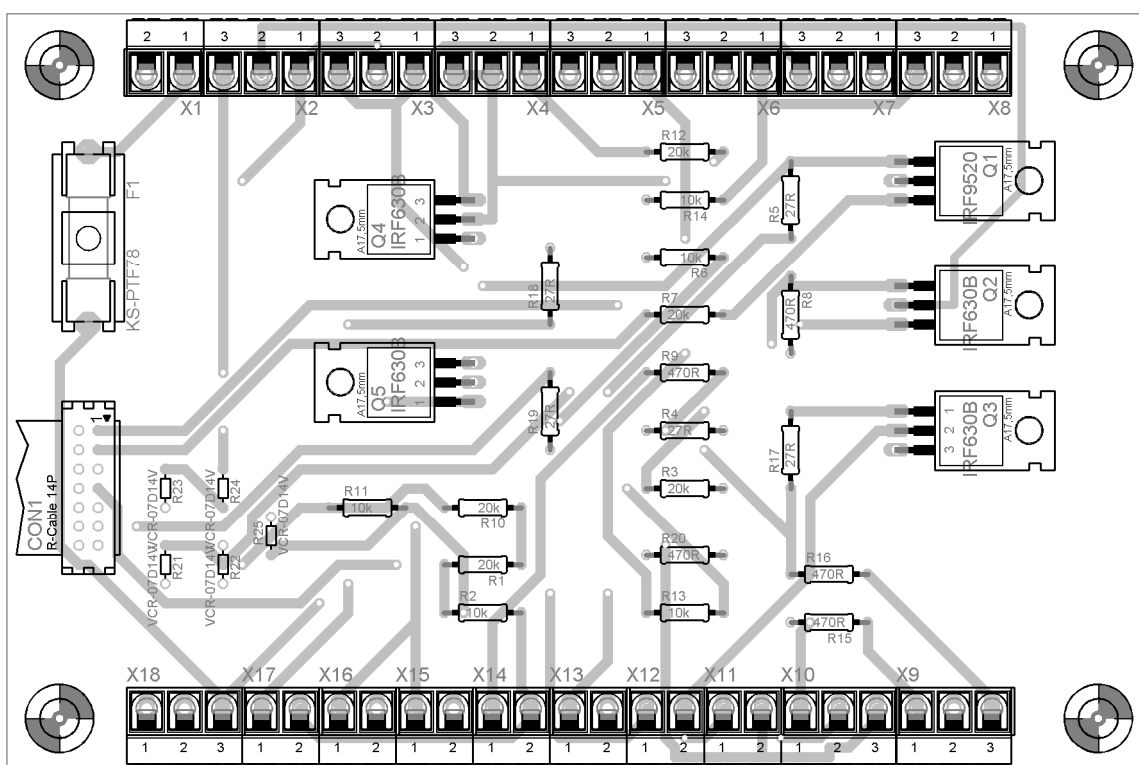


Obr. 8.6: Plošný spoj – horní strana

Příloha č. 7: Osazení desek plošných spojů řídicí a výkonové části



Obr. 8.7: Rozmístění součástek – řídicí část



Obr. 8.8: Rozmístění součástek – výkonová část

Příloha č. 8: Zápis řídicího programu

;Diplomová práce Elektronický světelný systém elektromobilu

;

;Program pro ovládání řídicí jednotky osvětlení

;Bc. David Ondryáš, OND 248

#include p18F2480.inc

```
#define Brzda      PORTB,0
#define Svetlo     PORTA,7
#define Blinkr     PORTB,5
#define Dennisvic  PORTB,6
#define Vystrazna  PORTB,7
#define DRL        PORTA,0      ;Day Runnig Lights (svetla pro denní svícení)
#define Porucha    PORTA,1
#define P_potkav   PORTA,2
#define L_potkav   PORTA,3
#define P_zadni    PORTA,4
#define L_zadni    PORTA,5
#define tempW      7Fh
#define tempSTATUS 7Eh
#define TMP0       7Dh
#define TMP1       7Ch
#define TMP2       7Bh
```

```
org    0h          ;Zde se začíná po resetu
goto   Start       ;Skok na Start
org    04h
```

```
Intr:  movwf tempW      ;Záloha W registru
        swapf STATUS,W  ;Přesun STATUS reg. do W
        clrf  STATUS    ;vymazání STATUS reg.
        movwf tempSTATUS ;přesun W do STATUS reg.

        bcf    PIR1,0    ;Vynulování příznaku přerušení od TMR1
        movlw  0xFE
        movwf  CCPR1L     ;Nastavení stridy na 100%
```

```
Cekani_IL_sek:      ;Čekací doba 2 s do rozblikání brzd. světel
        movlw  0x16      ;Fosc = 4 MHz
        movwf  TMP2
        movlw  0x01
        movwf  TMP1
        movlw  0x01
        movwf  TMP0
        decfsz TMP0,F
        goto   $-1
        decfsz TMP1,F
        goto   $-5
        decfsz TMP2,F
        goto   $-9
```

Blik:

```
movlw 80h
movwf CCPR1L           ;Nastavení střídání na 50%
nop
nop
movlw 0xFF
movwf CCPR1L           ;Nastavení střídání na 100% (blikání)
btfss INTCON,1
goto Blik

retfie
```

;Hlavní program

Start:

```
movlw B'1111000'       ;Nastavení přerušování
movwf INTCON
movlw B'11111101'
movwf TRISA             ;Nastavení portu A
clrf TRISC              ;Port C jako výstupní
movlw B'10011011'
movwf TRISB             ;Nastavení portu B
bsf Dennisvic           ;Nastavení světel na denní
movlw B'00111111'
movwf CCP1CON           ;Nastavení PWM
movlw B'00000100'
movwf T2CON             ;Nastavení TMR2
movlw 80h
movlw CCPR1L           ;Nastavení střídání na 50%
movlw 01h
movwf PR2              ;Nastavení periody PWM
```

Dokola:

```
movlw B'00100000'
movwf PORTB
btfss Svetlo ;Je světlo?
goto Potkavaci ;pokud ne, přejdi na přepnutí na potkávacích světel
```

Pokrac: ;(změnou log. úrovně na hradlech MOSFETů)

```
bsf Dennisvic ;pokud ano, nechej denní světla
```

```
movlw 0x0C           ; 1sekundová pauza (směrovky)
movwf TMP2
movlw 0x02
movwf TMP1
movlw 0x01
movwf TMP0
decfsz TMP0,F
goto $-1
decfsz TMP1,F
goto $-5
decfsz TMP2,F
goto $-9 ;
```

```

bsf    Blinkr
movlw  0x0C
movwf  TMP2
movlw  0x01
movwf  TMP1
movlw  0x01
movwf  TMP0
decfsz TMP0,F
goto   $-1
decfsz TMP1,F
goto   $-5
decfsz TMP2,F
goto   $-9
bcf    Blinkr

```

```

btfsc  DRL          ;Testování funkčnosti světel
                        ;Jsou-li nefunkční denní světla, zavolá se
                        ;podprogram, který rozsvítí potkávací světla a
call    Porucha_D    ;LED indikující poruchu světel
btfsc  P_potkav      ;jsou-li funkční, pokračuje se na testování
                        ;ostatních světel
call    Porucha_O     ;pokud jsou tato nefunkční, zavolá se podprogram
                        ;rozsvícení indikační LED
btfsc  L_potkav      ;jsou-li funkční, pokračuje se dále
call    Porucha_O
btfsc  P_zadni
call    Porucha_O
btfsc  L_zadni
call    Porucha_O

```

;I_sek:

```

bcf    Blinkr
        movlw 0x0C
movwf  TMP2
movlw  0x02
movwf  TMP1
movlw  0x01
movwf  TMP0
decfsz TMP0,F
goto   $-1
decfsz TMP1,F
goto   $-5
decfsz TMP2,F
goto   $-9
bsf    Blinkr

```

;I_sek:

```

        movlw 0x0C
movwf  TMP2
movlw  0x02
movwf  TMP1

```

```

        movlw 0x01
        movwf TMP0
        decfsz TMP0,F
        goto  $-1
        decfsz TMP1,F
        goto  $-5
        decfsz TMP2,F
        goto  $-9
        bcf   Blinkr

        goto  Dokola

Potkavaci:
        bcf   Dennisvic
        goto  Pokrac

Porucha_D:
        bcf   Dennisvic
        bsf   Porucha

        return

Porucha_O:
        bsf   Porucha

        return
end

```